



El Laboratori Agroalimentari i el control oficial

Pàg 03 El sistema de control oficial agroalimentari a Catalunya (I). La seguretat dels aliments
 Pàg 07 El sistema de control oficial agroalimentari a Catalunya (II). La qualitat dels aliments i la lluita contra el frau
 Pàg 11 El paper del Laboratori Agroalimentari en els controls oficials
 Pàg 16 Els laboratoris del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Infraestructura, mitjans tècnics i recursos
 Pàg 21 El procés d'anàlisi. Diagrama de flux. Un mètode d'anàlisi, un projecte.
 Pàg 28 L'acreditació als laboratoris agroalimentaris i el control oficial
 Pàg 31 Dades i estadístiques de resultats
 Pàg 38 Les aliances. Projectes de recerca i desenvolupament i innovació. Tècniques emergents
 Pàg 49 Reptes de futur
 Pàg 54 Parlem amb Dr. Christoph von Holst



Joan Godia Tresanchez

Director general d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia.

La competència tècnica dels laboratoris, que assegura la fiabilitat de les anàlisis laboratorials, s'assoleix disposant d'un sistema de qualitat

En els darrers anys hem viscut un canvi rellevant en la normativa de seguretat i qualitat a la cadena alimentària, que a grans trets suposa un enfocament integral a totes les baules de la cadena i un nou plantejament dels controls oficials de la legislació alimentària. Entre les activitats de control oficial trobem l'anàlisi de mostres de productes agroalimentaris per controlar, entre d'altres, els límits legals de perills com plaguicides, metalls pesants, contaminants, additius, organismes modificats genèticament, microorganismes, etc. en aliments, pinsos, productes fitosanitaris, fertilitzants, etc.

A nivell laboratorial, això suposa que els serveis tècnics analítics han d'estar degudament qualificats i respondre de manera eficient. La competència tècnica dels laboratoris, que assegura la fiabilitat de les anàlisis laboratorials, s'assoleix disposant d'un sistema de qualitat, el qual ha de ser periòdica i sistemàticament avaluat. L'acreditació per un organisme competent suposa un pas més, ja que garanteix que el laboratori té implantat un sistema de qualitat segons la norma ISO de re-

ferència i que les anàlisis es realitzen segons uns criteris de caracterització dels mètodes establerts (exactitud, precisió, repetibilitat, reproductibilitat, recuperació, incertesa, etc.).

Un altre punt important és que les instal·lacions i els equipaments siguin suficients, adequats i moderns. Només aquells equips d'anàlisi que siguin idonis per a la finalitat analítica en qüestió i que siguin verificats i calibrats periòdica i degudament, permetran obtenir resultats fiables en un temps resposta breu i adaptat a les necessitats dels clients. El fet de tenir a l'abast una tecnologia moderna i puntera ajuda notablement.

No s'ha d'oblidar els aspectes mediambientals inherents a la pròpia activitat del laboratori, tant des del punt de vista legal com des del de sostenibilitat i respecte pel medi ambient. La certificació segons la norma ISO mediambiental ha de ser, per tant, un objectiu del laboratori a mig termini.

Per acabar, però no per això menys important, vull posar en valor i destacar el personal que presta serveis al laboratori. Sense persones degudament formades, capacitades i plenament competents no seria possible assolir l'objectiu de garantir la seguretat i la qualitat dels aliments i pinsos al llarg de la cadena alimentària.

El Laboratori Agroalimentari no només dona servei a les autoritats competents a la cadena alimentària, sinó que pretén ser un laboratori referent en el control oficial. Un repte de futur és esdevenir laboratori nacional de referència en l'àmbit de l'alimentació animal.

Espero que aquest *Dossier* sobre el Laboratori Agroalimentari, serveixi per donar a conèixer les seves funcions i responsabilitats i el seu paper en el control oficial. En definitiva, que aquest laboratori, que és de tots i totes, us resulti més proper.

Dossier Tècnic. Núm. 118

El Laboratori Agroalimentari i el control oficial.
Setembre 2022.

Edició

Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia.

Consell de Redacció

Carmel Mòdol Bresolí, Joan Gòdia Tresanchez, Maria Glòria Cugat Pujol, Cristina Massot Berna, Neus Ferrete Gracia, Mercè Soler Barrasús, Enric Vadell Guiral, Ramon Jordana de Simon, Rosario Allué Puyuelo, Laura Dalmau Pol, Valentí Marco Sanz, Antoni Enjuanes Puyol, Jaume Sió Torres, Maties Ramos Rey, Maria Josep de Ribot Porta, Joan S. Minguet Pla, Mireia Medina Sala, Rosa Cubel Muñoz.

Coordinació i producció

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat, Annabel Teixidó Martínez i Raquel Vélez Martín.

Correcció i assessorament lingüístic

Lluís Piqueres Pla i Susanna Saval Costa.

Gràfisme i maquetació

Carlos Guzmán Lorente.

Impressió

EADOP

Dipòsit legal

B-16786-05.
ISSN: 1699-5465.

El contingut dels articles és responsabilitat dels/de les autors/es. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autoria.

Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

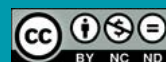
Gran Via de les Corts Catalanes,
612-614. 08007 - Barcelona.

Més recursos, enllaços i versió electrònica:

<https://ruralcat.gencat.cat>
<http://agricultura.gencat.cat/>
e-mail: sia.daam@gencat.cat

Portada:

Autor: Carlos Guzmán Lorente.



EL SISTEMA DE CONTROL OFICIAL AGROALIMENTARI A CATALUNYA (I).

La seguretat dels aliments

01. La intervenció pública en seguretat alimentària

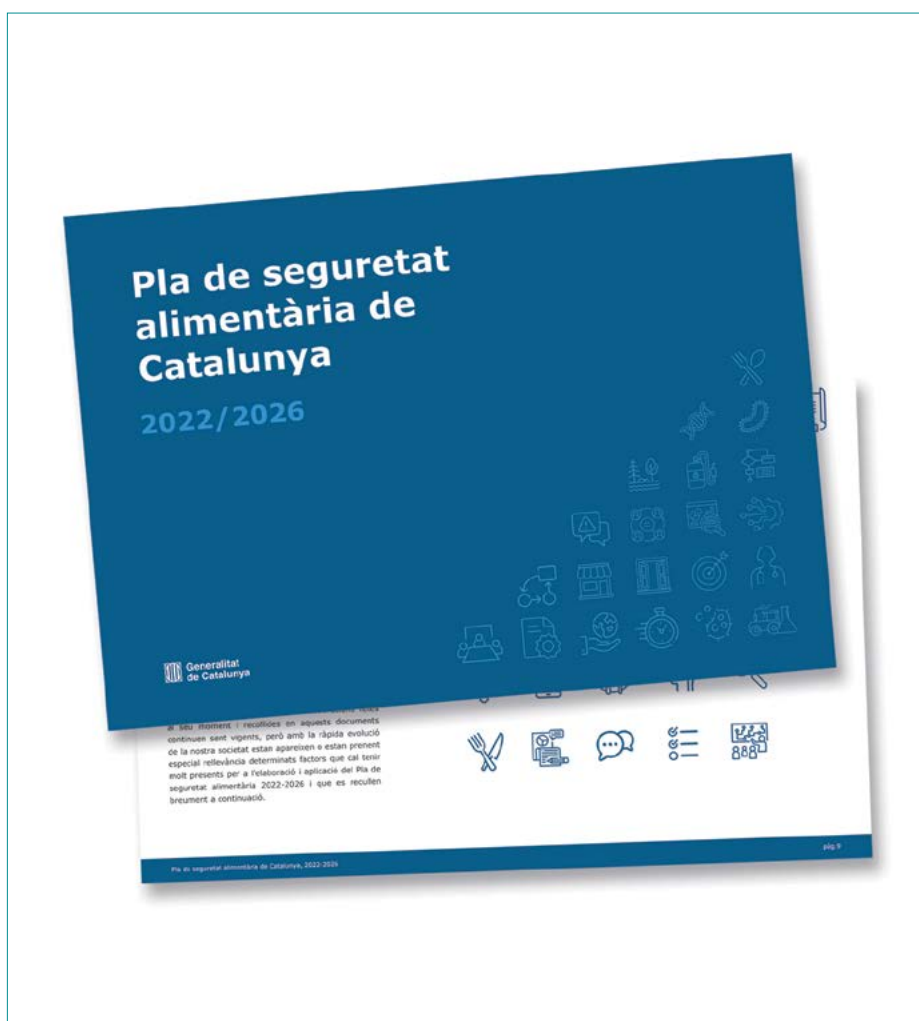
Les polítiques públiques són les accions que els governs posen en pràctica per donar resposta a les demandes i necessitats de la societat. Aquestes accions han de ser útils en el sentit de generar un impacte en la correcció, la mitigació o la prevenció de problemes identificats o potencials.

En seguretat alimentària, es preveu que un nivell de compliment elevat dels estàndards recollits a la reglamentació vigent en matèria d'instal·lacions, d'equipaments, d'autocontrols, de formació de personal, de qualitat i d'higiene dels processos ha de contribuir a minimitzar la prevalença de perills a tota la cadena alimentària i a un elevat nivell de compliment dels estàndards de qualitat dels aliments. Aquests fets

han de tenir com a conseqüència la protecció de la salut de la ciutadania i la garantia de la qualitat dels aliments que es troben en el mercat.

Per impulsar aquesta cadena de resultats, s'han aplicat una sèrie d'intervencions ben definides, entre les quals cal destacar l'avaluació de riscos, l'aprovació de normativa en seguretat alimentària, la sensibilització i promoció de pràctiques correctes, la implementació de sistemes de vigilància, el control oficial, l'intercanvi d'informació i la gestió d'alertes alimentàries, i també mesures de comunicació interactiva, de coordinació i de col·laboració de totes les parts implicades en la cadena alimentària.

A Catalunya, la política de seguretat alimentària es duu a terme sobre la base de principis de la planificació estratègica. En compliment de la Llei 18/2009, de salut pública, el Govern de la Generalitat aprova amb periodicitat quinquennal el Pla de seguretat alimentària de Catalunya, que és l'instrument indicatiu i marc de referència per a totes les accions públiques de l'Administració de la Generalitat i els ens locals de Catalunya en matèria de seguretat alimentària. Aquest Pla estratègic estableix un model d'intervenció basat en la definició dels objectius que es volen assolir, indicadors de seguiment i intervencions orientades a generar un impacte que millori la situació existent fins a arribar i mantenir els objectius previstos. Tot això suposa compromisos explícits, objectius comuns i compartits i actuacions coordinades i complementàries que im-



Pla de Seguretat Alimentària de Catalunya 2022-2026. Font ACSA.

pliquen els departaments de la Generalitat amb responsabilitat en matèria de medi ambient, d'agricultura i ramaderia, de salut pública i de consum, i les administracions locals.

La política pública en seguretat alimentària es basa en la metodologia de l'anàlisi del risc, la qual inclou l'avaluació, la gestió i la comunicació del risc. En aquest context, les intervencions d'avaluació del risc estan orientades a proveir el millor coneixement científic possible per a una adequada gestió i comunicació del risc. Les intervencions de gestió del risc han de permetre prevenir riscos i donar una resposta ràpida en els casos necessaris davant dels riscos imminents. Finalment, les intervencions de comunicació i col·laboració estan orientades a la creació de xarxes de treball conjunt i a un intercanvi interactiu i permanent d'informació i opinió entre totes les parts concernides.

Dins del procés d'anàlisi del risc, la gestió del risc és un dels components clau i es caracteritza per la seva complexitat i pel gran volum d'activitats que integren aquesta gestió. Entre aquestes activitats de gestió del risc, podem destacar el control oficial per la seva rellevància.

02. El control oficial

Entre totes les intervencions públiques en seguretat alimentària, destaca especialment el control oficial per la seva capacitat d'impacte sobre les qüestions sobre les quals es pretén intervenir i per la seva dimensió, ja que constitueix el principal instrument d'intervenció pública en aquest àmbit.

Podem definir el control oficial com tota activitat duta a terme o ordenada per l'autoritat competent per verificar el compliment de les reglamentacions en els àmbits de la seva competència, incloent-hi l'aplicació de les mesures necessàries per a la correcció dels incompliments o no-conformitats trobats.

Per poder analitzar en què consisteix i què suposa el control oficial en seguretat alimentària, hem de prendre com a referència el Reglament (UE) 2017/625 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de març, relatiu als controls i altres activitats oficials realitzats per garantir l'aplicació de la legislació sobre aliments i pinsos, i les normes sobre salut i benestar dels animals, sanitat vegetal i productes fitosanitaris.

02.01 Recursos necessaris i tècniques de control

El Reglament (UE) 2017/625 preveu que, per efectuar els controls oficials, les autoritats competents han de disposar dels recursos i els equips adequats i oferir garanties d'imparcialitat, professionalitat, qualitat, coherència i l'eficàcia.

Els mètodes i les tècniques per als controls oficials inclouen diferents instruments, entre els quals podem destacar: l'examen dels controls i la documentació dels operadors; la inspecció d'equips i instal·lacions, processos, animals i productes; l'avaluació de

l'aplicació de procediments basats en els principis d'anàlisi de perill i punts de control crítics (APPCC); les entrevistes amb els operadors i el seu personal; el mostreig i l'anàlisi, i qualsevol altra activitat requerida per detectar casos d'incompliment.

Per efectuar un control oficial sobre la venda a través d'Internet o d'altres mitjans a distància, el Reglament també preveu que les autoritats competents puguin obtenir mostres mitjançant comandes anònimes i sotmetre-les a comprovacions de compliment.

Per contribuir a una gestió més eficaç dels controls oficials, es preveu que es disposi de sistemes d'informació adients i que es garanteixi la compatibilitat i interoperabilitat.

El personal que realitza els controls oficials ha de rebre amb regularitat formació tècnica i legal adequada a les seves responsabilitats de control per promoure un enfocament uniforme. S'ha de garantir també que sempre es disposi de recursos financers adequats per dur a terme els controls ofi-



Organismes responsables del control oficial a Catalunya. Font: ACSA.

cials. Per aquest motiu, les autoritats competents han de percebre taxes o gravàmens per cobrir-ne els costos.

02.02 Condicions per al mostreig i l'anàlisi

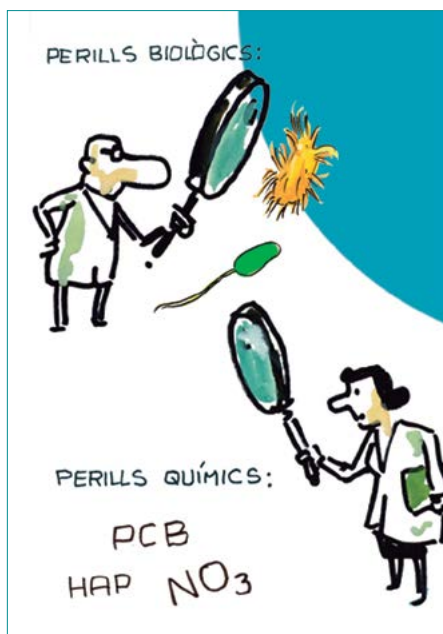
Els mètodes utilitzats per al mostreig, l'anàlisi, els assajos i els diagnòstics de laboratori han de complir les normes científiques i oferir resultats sòlids i fiables d'acord amb la norma EN ISO/IEC 17025 sobre Requisits generals per a la competència dels laboratoris d'assaig i de calibratge. L'acreditació ha de ser expedida per un organisme nacional d'acreditació que operi de conformitat amb la reglamentació de la UE en aquesta matèria. Els operadors sotmesos a mostreig, anàlisi, assaig o diagnòstic en el context de controls oficials han de tenir dret a un segon dictamen pericial.

02.03 Planificació, estandardització i auditoria del control oficial

El control oficial s'ha de dur a terme d'acord amb un plantejament estratègic i amb visió de conjunt, raó per la qual s'estableix que cada Estat membre ha d'elaborar i actualitzar periòdicament un pla nacional de control plurianual (PNCPA) i informes anuals de resultats que abastin tots els àmbits regulats del control oficial de la cadena.

Les autoritats competents han de dur a terme controls oficials amb regularitat, segons el risc i amb la freqüència apropiada, de tots els sectors i de tots els operadors, les activitats, els animals i les mercaderies als quals s'aplica la legislació relativa a la cadena alimentària.

S'ha de disposar de registres dels operadors i de procediments documentats adequats i de mecanismes per garantir una acció eficaç i coherent i adoptar mesures correctives quan es detectin deficiències. També, els operadors han de tenir dret a



Perills alimentaris. Font: ACSA.



Finalitats del Pla de Seguretat Alimentària de Catalunya (I). Font: ACSA.

Per contribuir a una gestió més eficaç dels controls oficials, es preveu que es disposi de sistemes d'informació adients i que es garanteixi la compatibilitat i interoperabilitat.

recórrer les decisions adoptades per les autoritats competents.

Les autoritats competents han de dur a terme auditories internes dels seus sistemes de control oficial, que han de ser objecte d'un examen independent. Es preveu també que les autoritats competents puguin delegar algunes de les seves funcions en altres organismes però garantint la protecció de la imparcialitat, la qualitat i la coherència dels controls oficials. En particular, l'organisme delegat ha d'estar acreditat d'acord amb la norma per a la realització de les inspeccions de l'Organització Internacional de Normalització (ISO).

El control oficial s'ha de dur a terme d'acord amb un plantejament estratègic i amb visió de conjunt.

Les autoritats competents han de dur a terme auditories internes dels seus sistemes de control oficial, que han de ser objecte d'un examen independent.

Els experts de la Comissió han de poder efectuar controls, incloses auditories, en els estats membres per comprovar l'aplicació de la reglamentació i el funcionament dels sistemes nacionals de control i de les autoritats competents.

02.04 Confidencialitat, transparència i col·laboració ciutadana

Les autoritats competents han de retre comptes als operadors i al públic en general respecte de l'eficiència i eficàcia dels controls oficials que realitzin i

publicar periòdicament informació sobre els controls oficials i els resultats obtinguts.

El Reglament també fa referència a la col·laboració ciutadana. S'ha de garantir la implantació de mecanismes adequats perquè qualsevol persona pugui alertar les autoritats competents sobre possibles casos d'incompliment de manera fàcil i amb plenes garanties.

Les autoritats competents han de publicar periòdicament informació sobre els controls oficials i els resultats obtinguts.

Les auditories dutes a terme per experts de la Comissió Europea i de països tercers posen el focus en la fiabilitat i la qualitat del control oficial.

03. Conclusions

Veiem, doncs, que el control oficial ocupa un lloc destacat en l'estratègia d'intervenció pública en seguretat alimentària. La seva aplicació correcta és un pilar imprescindible per garantir la seguretat alimentària i els drets dels consumidors i per donar suport a la projecció exportadora de les empreses catalanes que operen a la cadena alimentària, ja que contribueix a generar confiança en els mercats alimentaris nacional i internacional. Cal recordar que les auditories dutes a terme periòdicament per experts de la Comissió Europea i de països tercers posen el focus en la fiabilitat i la qualitat del control oficial com a elements indispensables perquè les empreses puguin continuar la seva activitat.



Finalitats del Pla de Seguretat Alimentària de Catalunya (II). Font: ACSA.

Per saber-ne més

Reglament (UE) 2017/625 del Parlament Europeu i de Consell, de 15 de març, relatiu als controls i altres activitats oficials realitzats per garantir l'aplicació de la legislació sobre aliments i pinsos, i les normes sobre salut i benestar dels animals, sanitat vegetal i productes fitosanitaris (...): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A02017R0625-20191214>

Pla de seguretat alimentària de Catalunya: <https://acsa.gencat.cat/ca/agencia/pla-seguretat-alimentaria>

Autoria



Vicenç Fernández García

Responsable del Pla de seguretat alimentària de Catalunya.

Agència de Salut Pública de Catalunya.

jvicente.fernandez@gencat.cat

EL SISTEMA DE CONTROL OFICIAL AGROALIMENTARI A CATALUNYA (II).

La qualitat dels aliments i la lluita contra el frau

01. Mesures de control oficial i lluita contra el frau a la Unió Europea

La legislació alimentària de la Unió Europea tenia poques referències al frau alimentari fins a l'any 2013, quan, com a conseqüència de la crisi de la carn de cavall, es van plantejar mesures específiques de lluita, com ara:

- Revisar el marc legal sobre controls oficials aplicables a la cadena alimentària i ampliar l'enfocament per incloure-hi el frau alimentari, cosa que es materialitza en el Reglament (UE) 2017/625.
- Definir "frau alimentari" en l'àmbit europeu per a un control harmonitzat en els estats membres. Actualment, s'han consensuat criteris definitoris.
- Reforçar l'assistència i la cooperació administrativa d'autoritats competents de control de frauds dels estats amb la xarxa de punts de contacte (*Food Fraud Network*).
- Habilitar una eina informàtica d'intercanvi d'informació i alertes sobre frauds alimentaris (tipus RASFF). L'any 2015, es posa en marxa el "Sistema ACA" d'assistència i cooperació administrativa per comunicar casos de frauds i incidents transfronterers.
- Enfocament col·laborador i multidisciplinari per implicar cossos de seguretat, autoritats judicials i entitats públic-privades i privades en el control.
- Millorar les tècniques d'inspecció i fonamentar el control basat en anàlisi de riscos.
- Desenvolupar i aplicar tecnologies i mètodes d'anàlisi per detectar el frau.

- Imposar sancions econòmiques dissuasives, efectives i proporcionals al benefici obtingut pel defraudador.
- Fomentar iniciatives privades per establir programes contra el frau, com ara l'obligació d'informar les autoritats sobre conductes fraudulentoses.
- Considerar la publicació dels resultats dels controls, amb informació de fàcil accés i comprensible per als consumidors, amb la doble finalitat de transparència al consumidor i de desincentivar els defraudadors.

La legislació alimentària de la UE tenia poques referències al frau fins a l'any 2013, quan amb la crisi de la carn de cavall es plantegen mesures específiques de lluita.

- Establir programes de control coordinats per la Comissió Europea on participen organismes de control nacionals, focalitzats: detecció d'ADN de cavall (2013, 2014), adulteració de mel amb sucres afegits (2015-2017), substitució d'espècies de peix (2015), comerç electrònic d'aliments (2017) i condiments i espècies (2019).
- Implantar operacions OPSON anuals, coordinades per Europol i Interpol, amb la participació de forces de seguretat i autoritats administratives de control nacionals, en què destaquen: control de tonyina destinada a con-

serva comercialitzada com a fresca (2018) i control d'aliments convencionals comercialitzats com a ecològics (2019).

- Estratègia *Farm to Fork* (2020) per a un sistema alimentari just, saludable i respectuós envers el medi que, entre d'altres, té l'objectiu de lluitar contra el frau alimentari i considera fonamental implementar mesures de dissuasió i intensificar el control per aconseguir condicions de competència equitatives entre operadors.

02 Marc legal del control oficial de la qualitat alimentària i la lluita contra el frau

En l'àmbit comunitari, des del desembre de 2019, és aplicable el Reglament (UE) 2017/625, sobre controls i altres activitats oficials per garantir l'aplicació de la legislació alimentària, que amplia l'abast del control a tota la cadena agroalimentària i inclou novetats en la lluita contra el frau; estableix l'obligació dels estats membres d'efectuar controls regulars, no anunciats (sense avís previ) i basats en el risc; imposa sancions econòmiques que reflecteixin el benefici econòmic del defraudador o un percentatge de la seva xifra de negocis, i estableix la creació de centres d'autenticitat i integritat per donar suport als estats membres en activitats de prevenció i detecció de pràctiques fraudulentoses i enganyoses (p. ex., *Knowledge Centre for Food Fraud and Quality*) i fomentar l'assistència administrativa i la cooperació entre estats en casos d'incompliments transfronterers.

En l'àmbit estatal, la Llei 28/2015 per a la defensa de la qualitat alimentària és la norma bàsica sobre control i règim sancionador en l'àmbit de la qualitat. A més d'aspectes de control oficial, també regula l'autocontrol dels operadors i d'associacions sectorials i mecanismes de cooperació entre administracions, com ara la *Mesa de Coordinació de la Calidad Alimentaria*, adscrita al Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació i integrada per representants de l'Administració central i de les comunitats autònomes.

A Catalunya, la Llei 14/2003, de qualitat agroalimentària, regula els principals aspectes sobre control oficial i estableix les bases de l'assegurament de la qualitat, les obligacions dels operadors agroalimentaris, els drets i deures de la inspecció, les mesures cautelars, el règim sancionador, etc.

A banda de les normes generals de control esmentades, per a alguns productes cal tenir en compte també normes sectorials que regulen aspectes específics de control.

03. Marc competencial del control oficial de la qualitat alimentària i la lluita contra el frau a Catalunya

La Generalitat de Catalunya té competència exclusiva en la qualitat i la traçabilitat de productes agrícoles i ramaders i en la lluita contra el frau en la producció i comercialització agroalimentàries, assumida pel Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC). La Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia és l'autoritat competent de control oficial en matèria de qualitat i lluita contra frauds.

Les actuacions de control s'integren en el *Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria* (PNCOCA) plurianual, que és l'instrument de planificació general estatal i recull actuacions de control alimentari en altres

àmbits (sanitari, consum, fronteres, qualitat diferenciada, sanitat animal, etc.). L'actual PNCOCA cobreix el període 2021-2025; les inspeccions de lluita contra el frau s'inclouen en el Programa de Control Oficial de la Calidad Alimentària del PNCOCA.

04. Principals aspectes objecte d'investigació

L'objectiu principal de les inspeccions és detectar i limitar frauds, enganys, falsificacions, adulteracions, pràctiques no autoritzades o prohibides i qualsevol altra infracció a la reglamentació

en matèria de qualitat a fi de protegir els interessos econòmics dels actors de la cadena agroalimentària i garantir la competència lleial de les transaccions comercials.

La investigació es focalitza en els productes agroalimentaris (naturalesa, identitat, qualitats substancials, composició, origen i procedència, quantitat, etc.), la identitat i l'activitat dels operadors i l'ús adequat de denominacions d'origen o altres distintius oficials de qualitat. La Llei 14/2003 exclou de la definició de "producte agroalimentari" llavors, medicaments,



Aliments objecte de control. Foto: Subdirecció de la Inspecció i Control Agroalimentari.



Aliments objecte de control. Foto: Subdirecció de la Inspecció i Control Agroalimentari.



Instal·lacions i pràctiques objecte de control. Foto: Subdirecció de la Inspecció i Control Agroalimentari.

zoosanitaris, fitosanitaris, pinsos medicamentosos, aliments infantils i dietètics, cosmètics, tabac, animals vius i plantes abans de la recol·lecció.

L'abast de la investigació exclou aspectes de caire sanitari, mediambiental, fiscal, subvencions públiques, certificació d'operadors i qualificació de productes DOP, IGP o d'altres, que són competència d'altres unitats de control.

El control oficial en matèria de frau té la finalitat de protegir els interessos econòmics dels actors de la cadena agroalimentària i garantir la competència lleial.

En general, les inspeccions de lluita contra el frau es duen a terme a les instal·lacions de les indústries on s'elaboren i/o s'expedeixen els productes abans d'entrar en el circuit comercial i s'exclouen els llocs de venda directa al consumidor final (comerç minorista i electrònic), restaurants i col·lectivitats, mercats ma-

joristes, etc., perquè són competència d'altres administracions.

05. Actuacions en matèria de qualitat i lluita contra el frau

En matèria de qualitat i lluita contra frau, es diferencien els tipus d'inspeccions i controls següents:

- Inspeccions programades prèviament en el Pla general d'inspecció en empreses seleccionades per anàlisi de risc.
- Inspeccions imprevistes no programades, conseqüència de successos inesperats o sospites d'infracció: denúncies, propostes raonades d'altres administracions de control, peticions d'assistència d'altres estats membres, etc.
- Controls exploratoris, que són actuacions de control sistemàtiques per categoritzar les empreses alimentàries segons elements de risc avaluats pel personal inspector (activitat, autocontrol, traçabilitat, etc.).

Les principals característiques de les inspeccions en matèria de lluita contra frau són:

- Aixecament d'acta d'inspecció com a constatació oficial dels fets i les proves o evidències d'incompliment.

- Metodologia d'investigació i auditoria basada en tècniques específiques que inclouen controls físics i documentals.
- Visites d'inspecció sense avís previ.
- Caràcter repressiu; si es detecten infraccions, es preveuen sancions. No obstant això, en infraccions lleus, es pot fer advertiment.
- Segons la gravetat dels fets, adopció de mesures cautelars com ara immobilització de productes o etiquetatge, paralització d'activitat, retirada de productes del mercat, prohibició de publicitat, etc.

Les inspeccions són sense avís previ, tenen caràcter repressiu si es detecten infraccions i, segons la gravetat, s'adopten mesures cautelars.

Les tècniques d'inspecció combinen comprovacions físiques i verificacions documentals, com ara el reconeixement de la identitat dels productes (aliments, matèries primeres, substàncies prohibides, etc.); examen i avaluació de processos d'elaboració; mostreig per a anàlisis oficials; comprovació de la presentació i l'etiquetatge; aforament de productes en existències per aplicar la tècnica de balanços de masses; control metrològic o de quantitat per verificar el contingut efectiu d'aliments envasats; comprovació d'autoritzacions administratives d'activitat de l'operador; verificació de documents d'acompanyament i de documentació comercial; examen de registres de comptabilitat material (entrades, sortides, elaboracions, tractaments, etc.) i de la comptabilitat comercial i financera; verificació del sistema de traçabilitat; avaluació dels sistemes d'autocontrol de la qualitat; comprovació de declaracions oficials, etc.

06. Anàlisi del risc

L'anàlisi del risc en el control de qualitat i lluita contra el frau s'aplica a tres nivells:

1. Anàlisi de risc de sectors alimentaris: consisteix en la valoració de tots els sectors amb metodologia Delphi i Las Vegas, i els sectors amb puntuació més alta (Alt Risc) s'inclouen en el Pla general d'inspecció.
2. Anàlisi de risc d'empreses: valoració objectiva i ponderada de factors de risc de totes les empreses a partir de la qual se seleccionen les empreses a inspeccionar. Es consideren més de 70 elements de risc, que s'agrupen en els factors de risc indicats en la taula 1.
3. Anàlisi de risc d'elements a controlar *in situ* a les empreses: en els decurs de la inspecció, caldrà decidir quins aspectes es comprovaran, segons activitat, fets constatats, indicis de frau, antecedents d'infracció, etc.

07 Responsabilitat

Els operadors alimentaris són responsables del compliment de la legislació en tots els aspectes relacionats amb la seva activitat; en l'àmbit de la qualitat, per exemple, cal posar l'èmfasi a justificar la veracitat de la informació alimentària de l'etiquetatge i de la publicitat, disposar d'un sistema d'autocontrols per garantir la conformitat dels productes comercialitzats, establir sistemes adequats i comprensibles de traçabilitat, planificar la prevenció del frau, en especial extreure la precaució en les matèries primeres, etc.

Per a l'aplicació de les sancions i mesures correctores, cal determinar la responsabilitat de les infraccions que, en general, per a productes envasats, és l'empresa que consta en l'etiqueta, amb alguna excepció com ara falsificacions, mala conservació del producte o connivència amb el fabricant; i, per a productes a granel, el responsable és la persona tenidora, que disposa físicament del producte.

En via administrativa, la Llei 14/2003 i la Llei 2/2020 (en matèria vitivinícola) esta-

Antecedents d'inspecció, infracció i sanció	1 Nombre d'inspeccions 2 Índex d'infraccions lleus 3 Índex d'infraccions greus 4 Índex de sanció 5 Nombre d'advertiments 6 Nombre de multes segons quantia
Activitats i modalitats de comercialització	7 Autoritzacions administratives d'activitat 8 Mercats i canals de comercialització
Autocontrol de l'empresa	9 Autocontrol
Traçabilitat	10 Identificació dels productes a granel 11 Etiquetatge 12 Documents d'acompanyament 13 Registres i aforament de productes
Mida de l'empresa	14 Volum de vendes 15 Rati tecnològic
Control extern	16 Control extern

Taula 1. Anàlisi de risc de les empreses (factors de risc). Font: Subdirecció de la Inspecció i Control Agroalimentari.

bleixen sancions segons la gravetat de les infraccions i altres criteris de gradació com la intencionalitat, el perjudici causat, la reincidència, el volum de vendes, etc. També es preveuen sancions accessòries com el tancament temporal de l'empresa, la suspensió o baixa del dret d'ús d'una Denominació d'Origen Protegida (DOP), el comís de mercaderies, etc. Per a determinades infraccions, es planteja també la via penal, en considerar-se delictes certes conductes com ara atemptar contra la salut pública, falsificar productes amb DOP o estafar a partir de cert import.

08 Conclusions

Com a conclusió final, una reflexió sobre la vulnerabilitat al frau al qual estem exposats. Factors com el benefici econòmic elevat, poc risc de ser detectat i sancions mínimes, en una conjuntura d'un mercat globalitzat amb una cadena alimentària llarga i complexa, controls essencialment nacionals, crisi econòmica, conflictes geopolítics i mesures d'austeritat de l'administració, faciliten les condicions per cometre frauds, cada cop més sofisticats.

Per fer-hi front, la metodologia de control oficial s'ha d'adaptar a les noves tècniques de producció i comercialització dels

aliments i poder emprar totes les tecnologies possibles al seu abast (analítiques, digitals, etc.).

Per la seva part, les indústries cal que adoptin mesures de prevenció per extreure la precaució, sobretot en productes amb risc, i implantar un pla de control per minimitzar el frau, en el seu sistema de gestió de seguretat i qualitat.

Per saber-ne més

<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/lluita-frau-alimentari/>

https://ec.europa.eu/food/safety/agri-food-fraud_en

Autoria



Maria Rosa Biel Canut

Inspectora agroalimentària interterritorial.
Subdirecció de la Inspecció i Control Agroalimentari.
Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia. DACC.
rbiel@gencat.cat

EL PAPER DEL LABORATORI AGROALIMENTARI en els controls oficials



Instal·lacions del Laboratori Agroalimentari. Foto: LAC

01. Introducció

El Laboratori Agroalimentari (LAC) del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, acreditat segons la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, representa un servei oficial i la base tècnica de l'Administració catalana pel que fa a les necessitats analítiques destinades al control i el seguiment de la qualitat i la seguretat agroalimentàries. Amb seu a Cabriels, participa en el control oficial de productes agroalimentaris i de mitjans de la producció, a través d'anàlisis de mostres procedents de procediments d'inspecció, de litigi i de campanyes de control en matèria d'intervenció agroalimentària i de comerç exterior.

A Reus es troba el Panell de Tast Oficial d'Olis Verges d'Oliva de Catalunya (PT), que en depèn funcionalment i

completa les funcions del LAC, amb l'avaluació sensorial de l'oli d'oliva.

Les principals funcions del LAC són:

- Fer anàlisis en procediments de litigi i en campanyes de control.
- Participar en projectes i emetre dictàmens, informes i certificats relacionats amb la qualitat i la seguretat de productes agroalimentaris.
- Dissenyar, posar a punt i aplicar mètodes d'anàlisi de control de la qualitat i la seguretat de productes agroalimentaris, d'acord amb els criteris que exigeixen la Unió Europea i les normatives internacionals.
- Participar en projectes nacionals i internacionals orientats a la millora i l'optimització dels processos d'inspecció i control de la qualitat i seguretat del sector agroalimentari.
- Establir convenis amb empreses i

El LAC representa un servei oficial i la base tècnica de l'Administració catalana pel que fa a les necessitats analítiques destinades al control i el seguiment de la qualitat i la seguretat agroalimentàries.

associacions del sector agroalimentari per portar a terme estudis i treballs d'interès comú.

- Establir acords de col·laboració amb centres de formació per a l'acolliment del personal en pràctiques.

El LAC presta els seus serveis a administracions públiques, i únicament a particulars i a empreses quan es

trobin implicats en requeriments administratius (anàlisis contradictòries, exportacions, etc.). Si aquests últims requereixen anàlisis amb caràcter informatiu, s'han d'adreçar als laboratoris privats inscrits en el Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya. Només en cas que laboratoris privats no ofereixin analítica acreditada, el LAC pot oferir anàlisis informatives a particulars o empreses.

02. Marc legal

A la Unió Europea, el marc regulador vigent dels controls oficials en matèria de qualitat i seguretat dels productes agroalimentaris és el Reglament UE 2017/625 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de març, relatiu als controls i altres activitats oficials realitzats per garantir l'aplicació de la legislació sobre aliments i pinsos, i de les normes sobre salut i benestar dels animals, sanitat vegetal i productes fitosanitaris (en endavant, Reglament sobre controls oficials).

El marc regulador vigent dels controls oficials en matèria de qualitat i seguretat dels productes agroalimentaris és el Reglament UE 2017/625.

La presa de mostres i els mètodes d'anàlisi oficials estan regulats per normativa. Si els mètodes d'anàlisi no es troben descrits a la normativa comunitària, s'estableix un sistema de selecció de mètodes en cascada. Les mostres del control oficial poden ser de tipus informatiu o reglamentari.

L'anterior reglamentació reguladora dels controls oficials en aquests àmbits, el Reglament CE 882/2004, va establir l'obligació per als estats membres de disposar de plans nacionals de control plurianuals.

En resposta a aquest requeriment, a l'Estat espanyol es va publicar el *Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria* (PNCOCA), que descriu els sistemes de controls oficials al llarg de tota la cadena alimentària, des de la producció primària fins als punts de venda al consumidor final. Aquest pla té una vigència quinquennal i s'actualitza periòdicament. Com veurem més endavant en l'apartat de designació de laboratoris, el PNCOCA inclou els laboratoris d'anàlisi.

03. Mostreig i anàlisis oficials

Tant la presa de mostres com els mètodes d'anàlisi oficials estan regulats per normativa. Així, el Reglament (CE) 152/2009 de la Comissió, de 27 de gener, estableix els mètodes de mostreig i anàlisi per al control oficial dels pinsos.

Pel que fa al mostreig, per garantir-ne la representativitat, el nombre mínim de punts de mostreig (mostres elementals) varia en funció de la quantitat total de pinso (mida del lot) i de si la distribució de l'anàlit en qüestió és uniforme o no.

Els mètodes oficials han d'estar descrits a la normativa comunitària i, en el seu defecte, s'estableix un sistema de selecció de mètodes en cascada, en l'ordre següent:

- mètodes segons normes o protocols internacionalment reconeguts, inclosos els acceptats pel Comitè Europeu de Normalització (CEN), o bé desenvolupats o recomanats pels laboratoris de referència de la Unió Europea (LRUE) i validats conforme a protocols científics acceptats internacionalment,
- mètodes que compleixin normes nacionals,



Mostres conservades al Laboratori Agroalimentari. Foto: LAC.

- mètodes desenvolupats o recomanats pels laboratoris nacionals de referència (LNR) o bé desenvolupats o recomanats amb estudis de validació de mètodes realitzats pel laboratori o entre diversos laboratoris, en ambdós casos validats conforme a protocols científics acceptats internacionalment.

No obstant això, en cas de necessitat d'anàlisis urgents sense disponibilitat de cap dels mètodes anteriors, l'LNR o, si no existeix, qualsevol altre laboratori designat, pot utilitzar altres mètodes fins que un mètode apropiat sigui validat conforme a protocols científics acceptats internacionalment.

Les mostres procedents del control oficial poden ser de tipus informatiu o reglamentari.

Les mostres informatives o prospectives aporten informació sobre els productes analitzats i no impliquen un procediment sancionador en cas de resultats no conformes.

Segons el Reglament de control oficial, els operadors tenen dret a un segon examen pericial i, en cas de litigi entre l'autoritat competent i l'operador, una altra anàlisi realitzada per un altre la-

boratori oficial. Amb aquest objectiu, les mostres reglamentàries, que es componen de tres exemplars (inicial, contradictori i diriment), sí poden comportar aplicar el règim d'infraccions i sancions establert per la llei que apliqui. Aquestes mostres han d'estar degudament precintades per garantir-ne la inviolabilitat. L'exemplar contradictori, en poder de les empreses de pinsos o d'aliments, podrà ser utilitzat en cas de disconformitat amb el resultat de l'inicial i, si escau, l'Administració podrà utilitzar el diriment.

04. La designació de laboratoris

D'acord amb el Reglament sobre controls oficials, les autoritats competents han de designar els laboratoris oficials per realitzar anàlisis de laboratori de les mostres preses durant els controls oficials.

Per aplicar aquest requeriment, el PN-COCA conté un procediment específic per a la designació de laboratoris en l'àmbit agroalimentari, pel qual l'autoritat competent designa un laboratori concret per dur a terme les anàlisis objecte del seu control. Preveu la designació de laboratoris tant públics com privats, sempre que, amb algunes ex-

cepcions de manca d'oferta i d'urgència, tinguin acreditats els assaigs requerits segons la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 (requisits generals per a la competència dels laboratoris d'assaig i de calibratge). La designació es fa per a determinacions concretes o bé de manera global si coincideixen amb tots els assaigs inclosos a l'annex tècnic de l'acreditació del laboratori.

El Reglament delegat (UE) 2021/1353 de la Comissió, de 17 de maig de 2021, completa el Reglament de controls oficials pel que fa als supòsits i les condicions en què les autoritats competents poden designar com a laboratoris oficials els laboratoris que no compleixin les condicions en relació amb tots els mètodes que utilitzin, en àmbits que afecten el LAC, com són els additius alimentaris, i les aromes i els additius per a pinsos, als quals es permet la delegació en laboratoris que utilitzin mètodes no acreditats, sempre que disposin d'un sistema de qualitat i que compleixin els criteris de caracterització dels mètodes d'anàlisi establerts a l'annex III del Reglament sobre controls oficials (exactitud, precisió, repetibilitat, reproductibilitat, límit de detecció/quantificació, recuperació, incertesa, etc.).

El Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya informa dels laboratoris agroalimentaris, públics i privats, que fan anàlisis i controls sobre la qualitat, la conformitat i la traçabilitat dels productes agroalimentaris.

Les autoritats competents han de designar els laboratoris oficials per dur a terme anàlisis de laboratori de les mostres preses durant els controls oficials.

05. El Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya

En el Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya, creat i regulat pel Decret 123/2009, de 28 de juliol, s'inscriuen els laboratoris que fan anàlisis agroalimentàries per a tercers.

En virtut d'aquest Registre, hi ha un catàleg que informa dels laboratoris agroalimentaris, públics i privats, que fan anàlisis i controls sobre la qualitat, la conformitat i la traçabilitat dels productes agroalimentaris en el territori de Catalunya.

Hi ha dues modalitats d'inscripció:

- Com a laboratori acreditat per una entitat d'acreditació oficial, d'acord amb el compliment de la norma ISO UNE-EN 17025.
- Com a laboratori reconegut, que tot i no disposar de l'acreditació segons la norma ISO esmentada, és competent per realitzar les activitats per a les quals està inscrit.



Desenvolupament de mètodes analítics al Laboratori Agroalimentari. Foto: LAC

Aquest catàleg, que s'actualitza periòdicament, facilita el llistat de grups d'activitats a les quals està inscrit cada laboratori, i indicant si aquest està reconegut o acreditat. Es pot donar el cas que un mateix laboratori agroalimentari estigui acreditat per a la realització de determinades activitats i reconegut per a d'altres.

Les exportacions a països
tercers de productes
agroalimentaris són
competència de l'Estat
espanyol, però el LAC
participa en la certificació
d'aspectes analítics.

Com a membre de
l'Associació de LNR
d'additius que s'utilitzin
en l'alimentació animal, el
LAC participa dins l'àmbit
comunitari en l'avaluació
de mètodes d'anàlisi en
aquest àmbit.

06. La certificació oficial

Les exportacions a països tercers de productes per a alimentació animal, consum humà o fitosanitaris són competència de l'Estat espanyol, que emet el corresponent certificat oficial, el qual inclou una sèrie d'atestacions sanitàries acordades amb les autoritats del país destinatari. Així, en el cas de pinsos, aliments i també animals vius, a través del cercador públic del web CEXGAN del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient, es poden consultar els requisits per país i tipus de producte o animal.

No obstant això, en alguns casos, perquè aquests certificats puguin ser

emesos, es requereix una certificació prèvia de les autoritats competents de les comunitats autònomes. El LAC participa en la certificació o atestació oficial des del punt de vista analític.

Les mostres són analitzades al LAC o bé el client aporta butlletins de laboratoris acreditats o inscrits al Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya, segons els quals es verifica el compliment dels requisits analítics dels productes i s'emet el certificat corresponent.

07. El LAC com a laboratori nacional de referència

El LAC forma part d'una Associació de laboratoris nacionals de referència (LNR) per a additius que s'utilitzin en l'alimentació animal, tal com figura a l'annex II del Reglament (CE) 378/2005 de la Comissió, de 4 de març, que conté normes per a l'aplicació del Reglament (CE) 1831/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre, pel que fa als deures i les tasques del laboratori comunitari de referència en relació amb les sol·licituds d'autorització d'additius per a l'alimentació animal.

A l'Estat espanyol, també forma part de l'esmentada associació el Laboratorio Arbitral Agroalimentario, a Madrid; per la seva banda, el laboratori de referència de la UE (LRUE) és l'IRMM – *Joint Research Centre*, a Geel (Bèlgica).

L'LRUE està assistit per l'Associació de laboratoris nacionals de referència per a algunes de les funcions que té assignades, llistades a l'annex II del Reglament (CE) 1831/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre, sobre els additius en l'alimentació animal. En concret, el LAC presta suport a l'LRUE en les funcions següents:

- Avaluar els mètodes d'anàlisi d'additius, a partir de les dades presentades a les sol·licituds d'autorització.
- Presentar a l'Autoritat Europea de



Registres de laboratori. Font: LAC.

Seguretat Alimentària (EFSA) els informes d'avaluació.

- Coordinar la validació mètodes d'anàlisi d'additius.

Per tant, els laboratoris de l'Associació són responsables de contribuir a l'informe d'avaluació inicial per a l'autorització d'additius, que és redactat per un dels laboratoris, mitjançant la tramesa de comentaris en un termini de 20 dies des de la recepció de l'informe. L'any 2020, el LAC va avaluar un total de 43 informes inicials, i l'any 2021, 36.

08. Conclusions

El LAC forma part del sistema de controls oficials en la cadena alimentària. A més d'estar acreditat segons la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, està sotmès al compliment de legislació d'àmbit comunitari, estatal i autonòmic. El compliment de tots els requisits normatius dona als resultats analítics obtinguts la qualitat i la fiabilitat necessàries. A més, amb el Registre de laboratoris agroalimentaris, el LAC vetlla perquè hi hagi una oferta analítica adequada, i amb la certificació dona servei a les activitats comercials dels operadors econòmics. Com a membre de l'Associació de laboratoris nacionals de referència, té una sèrie de responsabilitats que li donen prestigi i augmenten la qualitat dels seus serveis en l'àmbit de l'alimentació animal.

2021: 131 CELAC	13 empreses	11 pinsos (100 CELAC)
		1 aliments (11 CELAC)
		1 fitosanitaris (20 CELAC)
	10 països	Algèria (75 CELAC)
		Sudan (22), Filipines (17), Rússia (5), Indonèsia (5), USA (2), Singapur (2), Jordània (1), Marroc (1), Aràbia Saudita (1)
	91 mostres analitzades al LAC (69%)	· Components animals, microbiologia i radioactivitat (50 CELAC) · Físicoquímico, microbiologia i radioactivitat (41 CELAC)

Certificats d'exportació (CELAC) emesos pel Laboratori Agroalimentari l'any 2021. Font: LAC

Per saber-ne més

Laboratori agroalimentari

<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/>

Reglament UE 2017/625 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de març, relatiu als controls i altres activitats oficials realitzats per garantir l'aplicació de la legislació sobre aliments i pinsos, i de les normes sobre salut i benestar dels animals, sanitat vegetal i productes fitosanitaris

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R0625-20191214&qid=1631604667093&from=ES>

Reglament delegat (UE) 2021/1353 de la Comissió, de 17 de maig, pel qual es completa el Reglament (UE) 2017/625 del Parlament Europeu i del Consell pel que fa als supòsits i les condicions en què les autoritats competents poden designar com a laboratoris oficials els laboratoris que no compleixin les condicions en relació amb tots els mètodes que utilitzin per realitzar els controls oficials i altres activitats oficials

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1353&qid=1631604913830&from=ES>

Reglament (CE) 152/2009 de la Comissió, de 27 de gener, pel qual s'estableixen els mètodes de mostreig i anàlisi per al control oficial dels pinsos

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R0152-20201116&from=EN>

Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria (PNCOCA)

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/pncoca.htm

Decret 123/2009, de 28 de juliol, del Registre dels laboratoris agroalimentaris de Catalunya

https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=480654&language=ca_ES

Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya

<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/registre-laboratoris/>

Catàleg del Registre de laboratoris agroalimentaris de Catalunya

<https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Industria/Registre-dels-laboratoris-agroalimentaris-de-Catal/4i2z-4vrq/data>

Comercio Exterior Ganadero (CEXGAN)

<https://servicio.mapama.gob.es/cexgan/publico/publico/Buscador.aspx>

Reglament (CE) 378/2005 de la Comissió, de 4 de març, sobre normes detallades per a l'aplicació del Reglament (CE) 1831/2003 del Parlament Europeu i del Consell pel

que fa als deures i les tasques del laboratori comunitari de referència en relació amb les sol·licituds d'autorització d'additius per a alimentació animal

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A02005R0378-20151022&qid=1635331092471>

Reglament (CE) 1831/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre, sobre els additius en l'alimentació animal

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A02003R1831-20210327&qid=1635332233194>

Laboratorios Nacionales de Referencia (LNR) y de la Unión Europea (EU-RL)

para el estudio de alimentos y piensos

https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/laboratorios-agroalimentarios/listaecosanlaboratoriosnacionalesdereferencia_tcm30-448729.pdf

Autoria



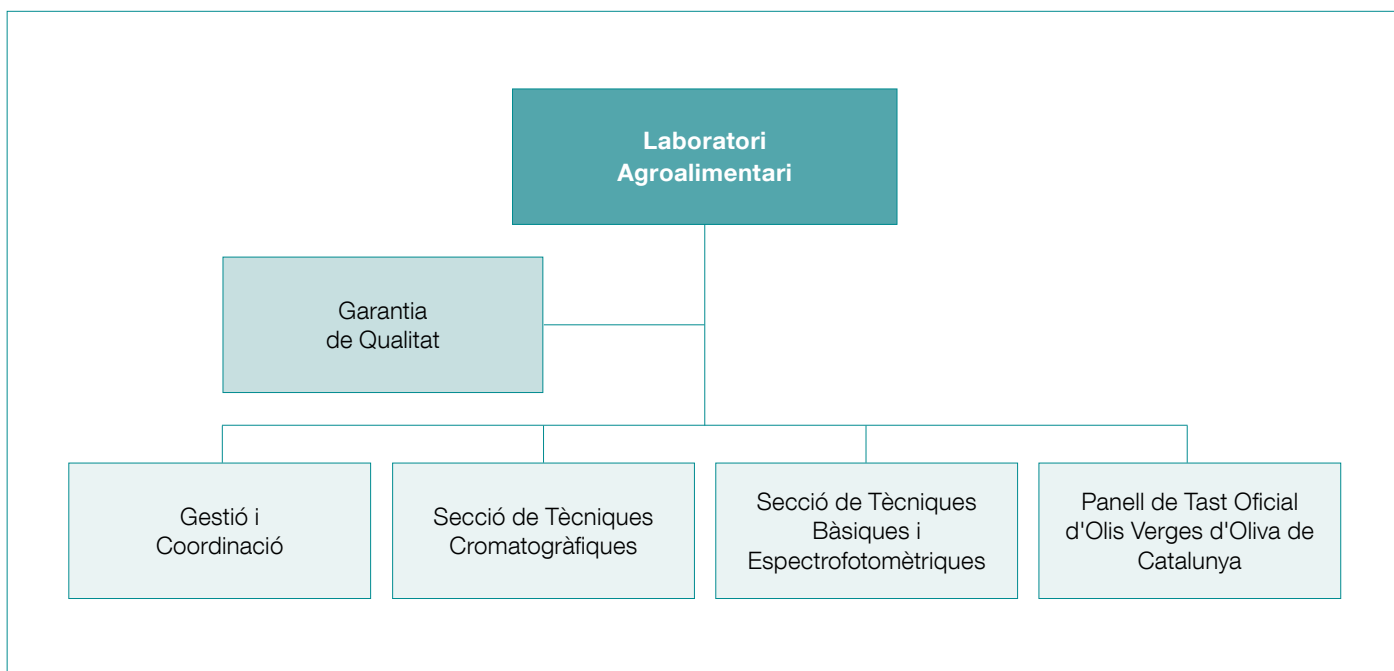
Raquel Vélez Martín

Cap de la Secció de Tècniques Bàsiques i Espectrofotomètriques Laboratori Agroalimentari. DACC.

raquel.velez@gencat.cat

ELS LABORATORIS DEL DEPARTAMENT D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL.

Infraestructura, mitjans tècnics i recursos



Organigrama del LAC. Font: LAC.

01. El Laboratori Agroalimentari

01.1 Organigrama

El Laboratori Agroalimentari (LAC), amb rang assimilat a servei, és un òrgan adscrit al Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Depèn de la Subdirecció General de Transferència i Innovació Agroalimentària.

Del LAC, que es troba ubicat a Cabriels, en depèn el Panell de Tast Oficial d'Olis Verges d'Oliva de Catalunya, que està situat a Reus.

01.2 Infraestructura

El LAC es troba ubicat a l'entrada de



Edifici del LAC. Foto: LAC.

El LAC, amb rang assimilat a servei, és un òrgan adscrit al Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural i depèn de la Subdirecció General de Transferència i Innovació Agroalimentària.

Cabriels, en un edifici aïllat, propietat del Departament d'Acció Climàtica, distribuït en una planta baixa i tres plantes superiors, amb un total de 3.271 m². D'aquesta superfície, gairebé la meitat (1.401 m²) correspon a sales de labo-

ratori i sales de preparació de mostres. La resta es distribueix entre sales d'ús administratiu, sales de reunions, biblioteca, lavabos i vestidors, *office* i menjador, magatzems i locals d'instal·lacions, vestíbul, passadissos, escales, terrasses i patis.

La planta baixa està cedida al Labora-

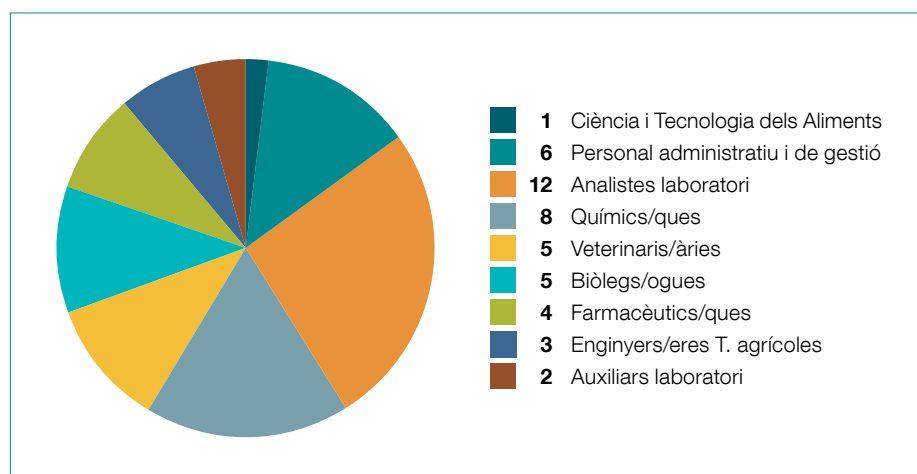
tori Interprofessional Lleter de Catalunya (ALLIC). La resta de plantes estan ocupades pel LAC.

01.3 Personal

El LAC està integrat per 46 persones, entre personal tècnic i d'administració i gestió (taula 1).

Personal	Núm.	%
Dones	35	76
Homes	11	24
total	46	100

Taula 1. Personal del LAC, per sexes. Font: LAC.



Personal del LAC, per formació. Font: LAC.



Personal del LAC desenvolupant un mètode d'anàlisi. Font: LAC

01.4 Equips

L'equipament analític instrumental necessari per a l'aplicació de les diverses tècniques és ampli i divers. Els equips analítics de què disposa el LAC són principalment:

Petits instruments

- Òptics (p. ex.: polarímetres, refractòmetres, microscopis, làmpades, lupes)
- Gravimètrics (p. ex.: granetaris, balances, balances analítiques)
- De temperatura (p. ex.: banys, estufes, mufles, autoclaus)
- De conservació/ congelació (p. ex.: neveres, congeladors, ultracongeladors)
- Volumètrics (p. ex.: buretes, pipetes automàtiques, dispensadors, xeringues)
- D'evaporació/destil·lació (p. ex.: Turbovap, Rotavapor, Gibertini, Kjeltec)
- D'homogeneïtzació/molturació (p. ex.: Estomacher, ultrasons, Ultraturax, Agytax)
- PH-metres
- Microones (p. ex.: ultraclave, ultrasons)
- Extractor de greixos (p. ex.: Soxtec)
- Centrífugues (p. ex.: centrífugues, ultracentrífugues refrigerades)
- Densímetre digital Anton Paar
- Autopreparador de medis i emplacador
- Electroforesi capil·lar
- Altres petits instruments

Grans instruments

- Cromatografia de gasos:
 - 1 GC-ECD/FID
 - 1 GC-FID/FID
 - 1 GC-MSD
 - 1 GC-FID
 - 2 GC-MS/MS
- Cromatografia de líquids:
 - 3 HPLC/DAD/F
 - 1 HPLC/DAD/IR
 - 1 LC/DAD/MSD
 - 3 LC-MS/MS
- Espectroscòpia
 - 1 ICP-AES
 - 1 ICP-MS
- Espectrofotòmetre
 - 1 UV/VIS
- Termocicladors (2 PCR) i termocicladors a temps real (2 qPCR)

- Autoanalitzador de nitrogen Dumas i autoanalitzador de mercuri

Equips de referència

- Filtres
- Fluxòmetres
- Masses
- Sondes de temperatura
- Termohigròmetres

Equips de protecció individual

- Vitrines (p. ex.: de gasos, d'àcids)
- Cabines (p. ex.: flux laminar, de filtració de gasos)

Protecció d'equips en xarxa

- Equips especialment sensibles i costosos protegits per SAI
- Grup electrogen per a protecció de talls de subministrament elèctric a tot l'edifici
- Sistema de protecció contra incendis amb centraleta

L'equipament analític instrumental necessari per a l'aplicació de les diverses tècniques al LAC és ampli i divers.

02. El Laboratori de Sanitat Animal de Catalunya i el Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya

02.1 Organigrama

El Laboratori de Sanitat Animal de Catalunya (LaSAC) i el Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya (LASVC) són els laboratoris oficials de suport tècnic per al diagnòstic de les malalties previstes en els programes oficials de vigilància, control, lluita i eradicació, en matèria de sanitat animal i vegetal, de la Generalitat de Catalunya.

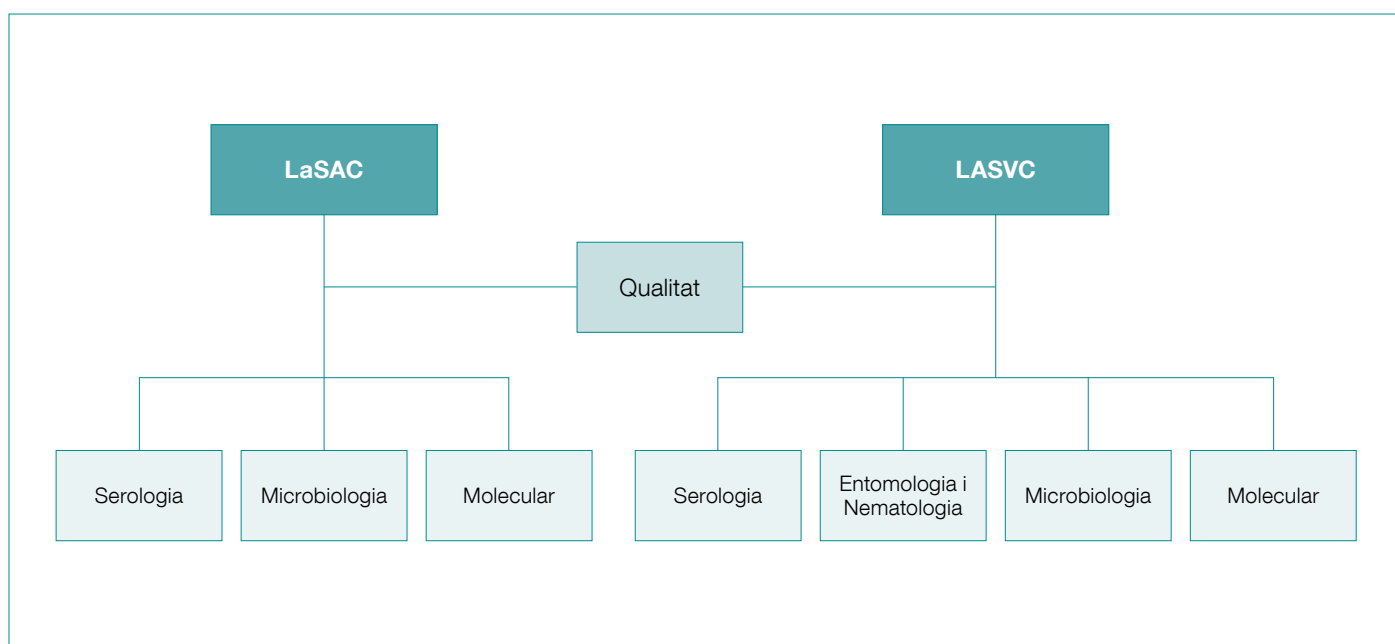
Els dos laboratoris depenen de la Direcció General d'Agricultura i Ramaderia i es troben ubicats a Lleida dins del Campus UdL de l'ETSEA (Agrònoms).

02.2 Infraestructura

Els laboratoris de la DG d'Agricultura i Ramaderia es troben ubicats en un edifici de tres plantes. Les dues plantes superiors, uns 2.000 m², corresponen a les instal·lacions dels laboratoris, i a la planta baixa hi han els accessos per al personal, moll de càrrega i descàrrega, i gestió de residus.



Cromatògraf de gasos FID/ FID del LAC. Foto: LAC.



Organigrama del LaSAC i del LASVC. Font: LaSAC/LASVC.

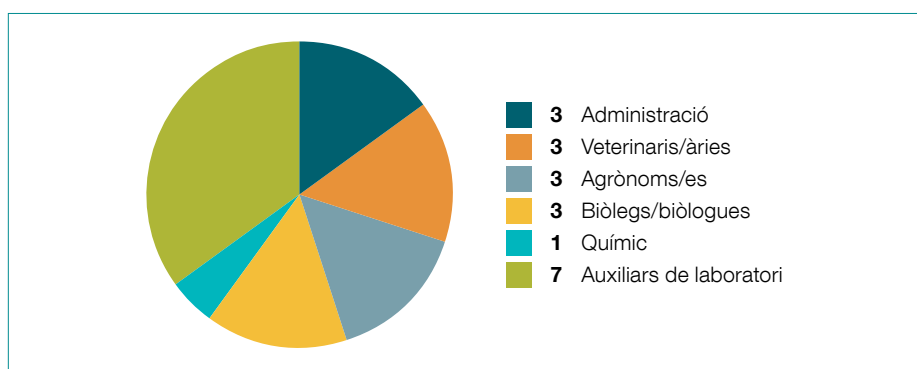


Edifici del LaSAC i del LASVC. Foto: LaSAC/LASVC.

El LaSAC i el LASVC són els laboratoris oficials de suport tècnic per al diagnòstic de les malalties previstes en els programes oficials de vigilància, control, lluita i erradicació, en matèria de sanitat animal i vegetal, de la Generalitat de Catalunya.

Personal	Núm.	%
Dones	16	80
Homes	4	20
total	20	100

Taula 2. Personal del LaSAC i LASVC, per sexes. Font: LaSAC/LASVC.



Personal del LaSAC i LASVC, per formació. Font: LaSAC/LASVC.

La superfície del laboratori està dividida en una zona de recepció de mostres, dues sales d'administració, diferents sales per a cadascun dels departaments dels laboratoris, un laboratori de contenció biològica, cambres i diferents estances d'us comú per als dos laboratoris, vestuaris, sala de reunions, magatzems, etc.

02.3 Personal del laboratori

Al LaSAC i el LASVC treballen 20 persones, entre personal tècnic i d'administració i gestió (Taula 2).

02.4 Equips del laboratori

L'equipament analític instrumental necessari per a l'aplicació de les diverses tècniques és molt variat i extens. Els equipaments analítics de què disposa el LaSAC-LASVC són, principalment:

Petits instruments

- Òptics (p. ex.: petits microscopis, làmpades, lupes)
- Gravimètrics (p. ex.: granetaris, balances, balances analítiques)
- De temperatura (p. ex.: banys, estufes, mufles, autoclaus, incubadores)

- De conservació/congelació (p. ex.: neveres, congeladors, dos equips d'ultracongelació a -80 °C)
- Volumètrics (p. ex.: buretes, pipetes automàtiques, dispensadors, xeringues)
- D'homogeneïtzació/molturació (p. ex.: Estomacher, ultrasons, Politró)
- PH-metres
- Microones (p. ex.: ultraclave, ultrasons)
- Extractor de greixos (p. ex.: Soxtec)
- Centrifugues (p. ex.: centrifugues, ultracentrifugues refrigerades)
- Autopreparador de medis i emplaçador
- Electroforesi capil·lar
- Termobloc
- Rentador de plaques ELISA
- Purificador d'aigua Millipore
- Encenedors Bunsen electrònics i amb detecció de moviment
- Altres petits instruments

Grans instruments

- Equips òptics d'estereoscòpia i microscòpia d'alta resolució, amb sistemes de maneig i emmagatzematge d'imatges per al sistema de qualitat del laboratori
- Equip per calibrar pipetes multicanales
- Equip per calibrar detectors de gasos
- Homogeneïtzadors de mostres Homex (dos)
- Molí triturador-homogeneïtzador
- Robots processadors de mostres
 - 1 amb dos braços de 4 i 96 puntes
 - 1 amb un braç de 4 puntes
- Cromatògraf de gasos per identificació bacteriana MIS
- Fotòmetres ELISA (3)
- Equips d'extracció d'àcids nucleics
 - QIACube de 8 columnes (2 equips)
 - Biosprint de boles magnètiques
- Concentrador d'ADN i ARN
- Nanodrop
- Termocicladors a punt final (2 equips de PCR) i termocicladors a temps real (4 equips de qPCR)
- Transil·luminador
- Sistema centralitzat de control de temperatura en neveres, estufes, congeladors, cambres de fred i incubadores, mitjançant sondes externes de temperatura

Equips de referència

- Masses patró
- Sonda de temperatura
- Higròmetre
- Placa de verificació fotòmetre
-

Equips de protecció individual

- Vitrines de gasos (per a àcids, bases i productes tòxics i volàtils)
- Cabines de seguretat biològica (I i II), amb flux horitzontal i vertical
- Minicabines de PCR

Protecció d'equips en xarxa

- Equips especialment sensibles i costosos, patrons i materials de referència, protegits per SAI
- Grup electrogen per protecció de talls de subministrament elèctric a tot l'edifici

03. El LIMS en el funcionament dels laboratoris

El programari Sistema de gestió d'informació de laboratori o LIMS (*Laboratory Information Management System*) és una aplicació informàtica que serveix per gestionar de manera eficaç tot el volum de dades i de resultats dels laboratoris.

A través d'aquest programa, els dos laboratoris gestionen totes les mostres, des de l'entrada al laboratori fins que surt el butlletí de resultats, així com tots els processos relacionats.

El LIMS permet principalment les funcions següents:

- Gestió de les mostres
- Gestió de les càrregues de treball
- Gestió dels resultats i de la traçabilitat de les anàlisis
- Integració amb els equips i els instruments de mesura
- Validació dels resultats
- Generació dels informes de resultats
- Accés a plataforma web per als clients per consultar o descarregar butlletins de resultats
- Explotació de dades i estadístics de l'activitat dels laboratoris



Equips diversos del LaSAC i del LASVC. Foto: LaSAC/LASVC.

- Gestió del magatzem i estoc dels reactius
- Gestió de la facturació
- Gestió dels equips: manteniments, calibratges, avaries, etc.
- Gestió dels registres de qualitat

El LIMS és una aplicació informàtica que permet gestionar de manera eficaç tot el volum de dades i de resultats dels laboratoris.

04. Conclusions

Per dur a terme tots els controls oficials, els laboratoris del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural necessiten una potent infraestructura i equipaments, i també un equip qualificat de personal tècnic i d'administració.

Les exigències del control oficial i la necessitat de complir amb tots els requisits normatius, cada vegada més exigents, fa necessària la renovació periòdica d'equipament i la formació contínua del personal, sobretot pel que fa a nous mètodes i tècniques d'anàlisi.



Mostres registrades al laboratori i material per a la preparació prèvia a l'anàlisi. Foto: LaSAC/LASVC.

Per saber-ne més

Laboratori Agroalimentari: <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/>

Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya: http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/agricultura/dar_sanitat_vegetal_nou/laboratori-agricultura-sanitat-vegetal-catalunya/

Laboratori de Sanitat Animal de Catalunya: http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/ramaderia/sanitat-animal/dar_actuacions_transversals/dar_laboratoris_sanitat_ramadera/

Autoria



Anna Prat Babiloni

Responsable de la Unitat de Garantia de Qualitat.
Laboratori Agroalimentari.
DACC.
apratbabiloni@gencat.cat



Jordina Faurat Casulleras

Responsable de la Unitat de Garantia de Qualitat.
Laboratori de Sanitat Animal i del Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya.
DACC.
jfaurat@gencat.cat

EL PROCÉS D'ANÀLISI.

Diagrama de flux. Un mètode d'anàlisi, un projecte.



Instal·lacions del Laboratori Agroalimentari. Foto: LAC.

01. Introducció

En aquest article s'explicarà el procés d'anàlisi al Laboratori Agroalimentari (LAC) de dues mostres en les quals se sol·liciten les determinacions de residus de plaguicides i d'organismes modificats genèticament (OMG), des de la recepció fins a l'emissió del butlletí d'anàlisi corresponent.

Les determinacions escollides formen part dels controls oficials a la cadena alimentària i són exemples de dos procediments diferents. El de residus de plaguicides implica l'ús de les tècniques de cromatografia acoblades a espectrometria de masses i el d'OMG requereix l'amplificació per la tècnica de PCR a temps real d'extractes d'ADN.

Les tècniques cromatografia i de biologia molecular són eines imprescindibles en el control oficial agroalimentari.

02. Recepció i preparació de mostres

Els diferents clients, majoritàriament els propis serveis d'inspecció del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC), així com d'altres de l'Administració de l'Estat i les comunitats autònomes, envien les mostres al LAC i són rebudes per la unitat interna de Gestió i Coordinació.

Un cop revisada la informació del full de sol·licitud i la mostra mateixa, es procedeix a la identificació amb un número de registre i a la introducció de la infor-

Les tècniques de cromatografia i de biologia molecular són eines imprescindibles en el control oficial agroalimentari.

mació de la mostra i les determinacions a realitzar al LIMS, el programari de gestió del LAC.

La preparació de la mostra ha de garantir-ne la representativitat i està regulada per la normativa vigent. Inclou la mòlta en el cas de mostres sòlides i la filtració, si cal, en les líquides. Les

mostres es divideixen en tantes submostres com tipus de determinacions hagi sol·licitat el client, per tal de distribuir-les al personal tècnic que les hagi d'analitzar.

La preparació de la mostra ha de garantir-ne la representativitat i està regulada per la normativa vigent.

03. Determinació de residus de plaguicides en productes vegetals no processats

03.1 Marc normatiu

El Reglament (CE) 396/2005 del Parlament Europeu i del Consell, de 23 de febrer, relatiu als límits màxims de residus de plaguicides en aliments i pinsos d'origen vegetal i animal, és el marc normatiu en aquest àmbit.

El límit màxim de residus (LMR) és el nivell superior de concentració legal permès d'un residu de producte fitosanitari, expressat en mg/kg en aliments i pinsos. Els LMR es troben en la normativa anteriorment esmentada per a cada fitosanitari en cada producte vegetal i s'actualitzen periòdicament

en funció del coneixement científic. Es disposa de LMR per a més de 1.000 fitosanitaris en més de 300 productes.

En aquest context, els mètodes d'anàlisi necessaris per controlar la presència de residus de plaguicides en els productes esmentats han de ser suficientment sensibles i específics per poder identificar i quantificar un nombre molt elevat de productes en concentracions molt baixes, de l'ordre de parts per billó.

03.2 Preparació de la mostra

En el Reglament (CE) 178/2006, que modifica el Reglament (CE) 396/2005, figura la llista d'aliments i pinsos als quals apliquen continguts màxims de residus de plaguicides.

En aquesta normativa figura la part dels productes als quals s'apliquen els límits màxims. Així, per exemple, als cítrics, els LMR s'apliquen al producte sencer mentre que, per exemple, en el cas de les olives per a oli, el LMR s'aplica al producte sencer després de treure la tija (si escau) i la terra (si escau).

La primera operació a realitzar després de determinar a quines parts de la mostra s'apliquen els LMR, és fer el quarteig, que es fa dividint cada peça en dues parts i disposant-les sobre una superfície plana de forma aleatòria. Es divideix la superfície en quatre parts i s'agafen els dos quarts oposats. Es

va repetint l'operació de quarteig fins a obtenir l'aliquota analítica d'aproximadament 250 g. Posteriorment es procedeix a la mólta de la mostra.

Un cop finalitzada la preparació de la mostra, es procedeix a l'extracció dels plaguicides.

03.3 Extracció dels plaguicides

El LAC té classificades les mostres segons les seves característiques en els grups següents:

- G1: Fruita (vegetals amb contingut alt en aigua i mitjà/alt en sucres)
- G2: Hortalisses (vegetals amb contingut alt en aigua i baix en sucres)
- G3: Cereals i llegums (vegetals amb contingut baix en aigua i baix en greix)
- G4: Cítrics (vegetals amb contingut alt en aigua, mitjà/alt en sucres i alt en àcid)
- G5: Fruits secs i llavors oleaginoses
- G6: Matrius complexes i altres
- G7: Olives i fruits olivosos (vegetals amb contingut alt en greix i alt en aigua)
- G8: Flors
- G9: Fulles
- G10: Troncs

Segons el grup al qual pertany la mostra, s'utilitza extracció amb dissolvent orgànic (acetat d'etil) en els grups G1 i



Mostres conservades al Laboratori Agroalimentari. Foto: LAC.

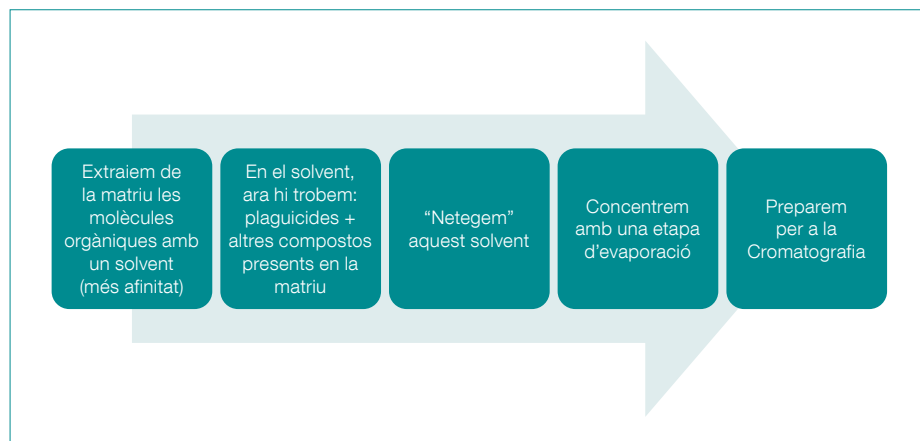


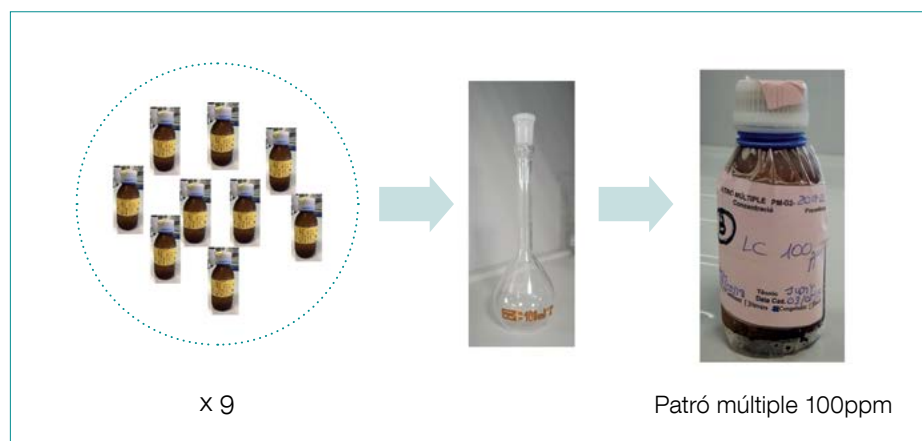
Figura 1. Procés d'extracció de plaguicides. Font: LAC.

Pesar 5 g de mostra d'olives
 Preparar la mostra control adicionada
 Afegir a totes les mostres i controls el patró intern
 Afegir 10 ml de reactiu d'extracció i agitar
 Centrifugar 5 minuts a 3000 rpm
 Congelar a -20°C durant un mínim de 12 hores
 Agafar una alíquota de 6 ml de la fase orgànica
 Introduir l'alíquota obtinguda en un tub de cleanup (PSA/GCB/Sulfat de magnesi)
 Agitar i centrifugar
 Mesurar 4 ml i evaporar al turbovap a $\pm 50^{\circ}\text{C}$
 Reconstituir amb 1 ml d'acetat d'etil (GC) o 1 ml MeOH/H₂O 80/20 (LC) i homogeneïtzar
 Filtrar en 0.22 μm en el cas que els extractes s'analitzin per LC o en 0.45 μm en el cas que s'analitzin per GC
 Encapsular en vials de cromatografia
 Preparar la recta de calibrat amb l'extracte de matriu

Procediment d'anàlisi d'extracció de plaguicides en olives. Font: LAC.



Anàlisi de plaguicides. Foto: LAC.



Preparació de patrons. Font: LAC.

G2, G4 quan la determinació es fa per cromatografia de gasos amb detecció per espectrometria de masses (GC-MS/QQQ), o bé amb extracció en fase sòlida dispersiva (Quechers) en el grup G4 i en els grups G5 a G10 quan la determinació es fa per cromatografia líquida amb detecció per espectrometria de masses (LC-MS/QQQ).

Del procés d'extracció obtenim un extracte en dissolvent orgànic que passarà a la determinació per cromatografia líquida d'alta resolució o cromatografia de gasos d'alta resolució amb detecció per espectrometria de masses amb triple quadrupol.

03.4 Detecció i quantificació dels plaguicides

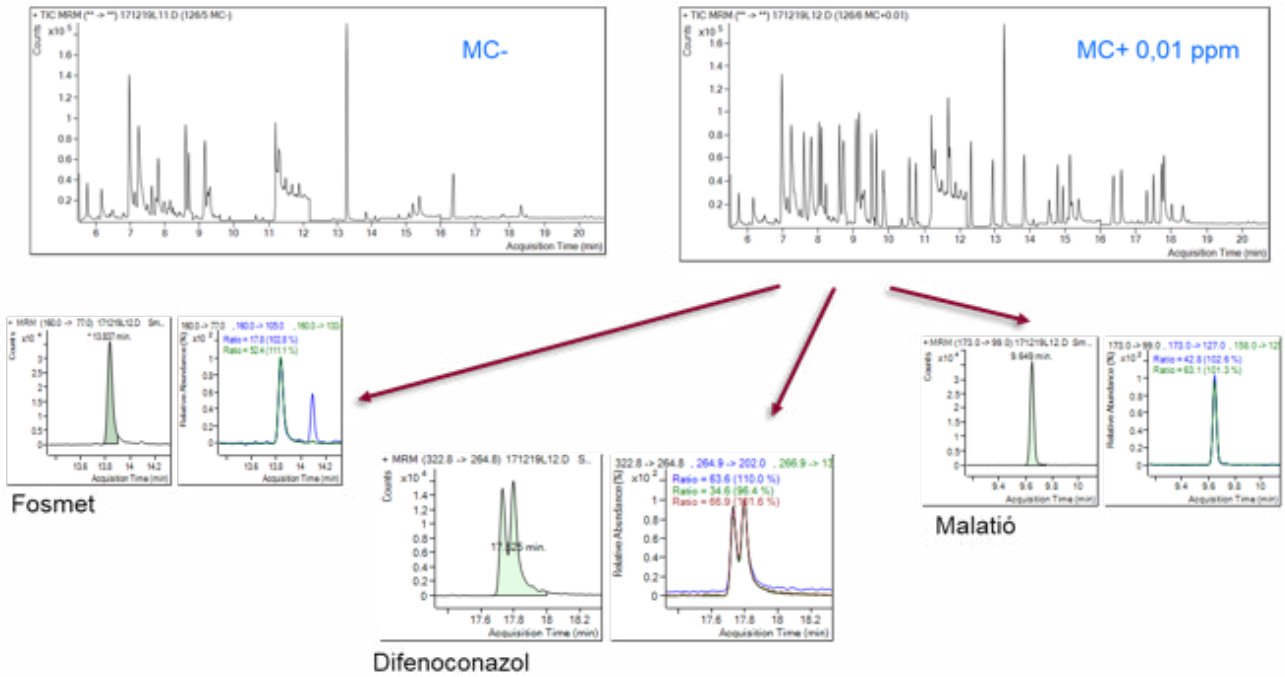
Cada plaguicida, en funció de les seves característiques químiques, requerirà un sistema de cromatografia diferent. En el cas dels productes termolàbils, la tècnica d'elecció serà la cromatografia líquida (LC), i en la resta la cromatografia de gasos (GC) també podem trobar anàlits que tinguin una bona resposta per als dos sistemes de separació. El sistema de detecció serà l'espectrometria de masses amb triple quadrupol en els dos casos (MS/QQQ).

Les tècniques de cromatografia acoblades amb espectrometria de masses són molt sensibles i permeten identificar i quantificar els plaguicides.

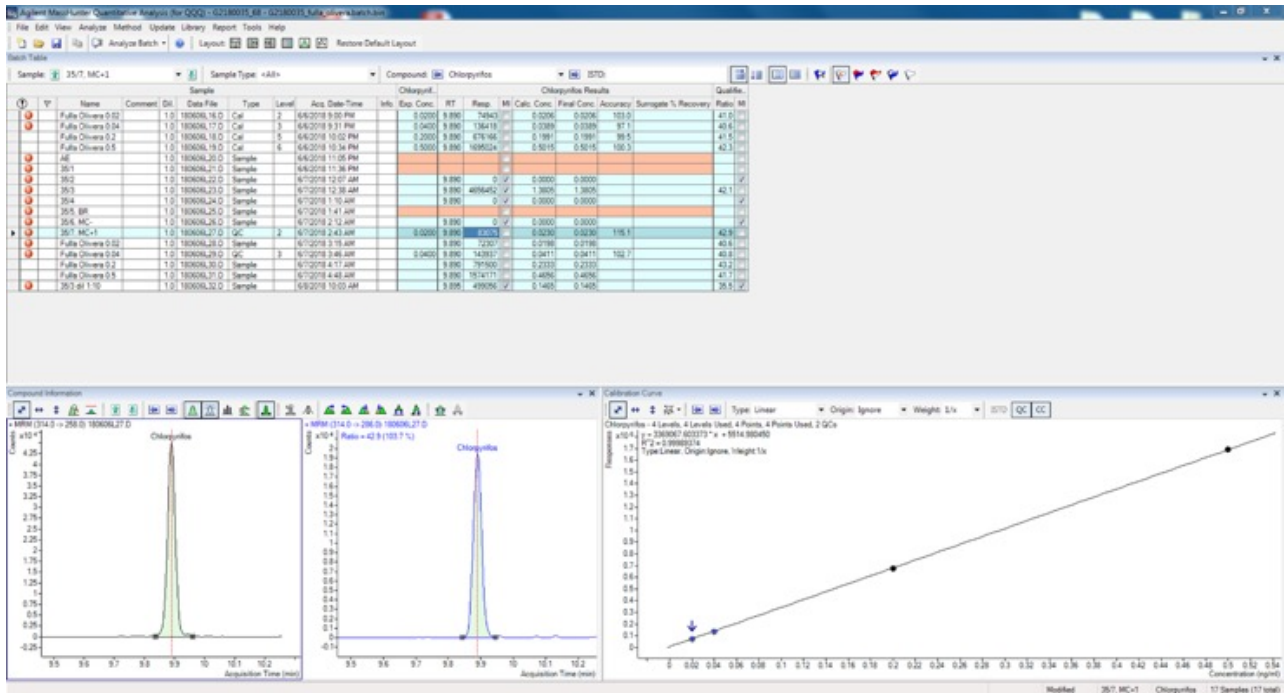
El LAC té en el seu catàleg de serveis un total de 173 plaguicides en productes vegetals no processats, dels quals 83 es determinen per LC-MS/QQQ i 90 per GC-MS/QQQ.

Per dur a terme la determinació i quantificació dels plaguicides cal disposar de patrons individuals de cada substància a analitzar, amb el seu certificat de riquesa corresponent. Per pesada i dilució es prepara una solució mare de cada patró. Un cop preparades les 173 solucions individuals, es preparen patrons múltiples.

GC-MS/MS



Senyal cromatogràfica GC-QQD d'una mostra d'oli. Font: LAC.



Quantificació de clorpirifos en fulla d'olivera. Font: LAC.

També cal disposar de mostres sense contingut en plaguicides o “mostres blanques”, que serviran com a mostres control, en les quals es determinaran els plaguicides per concloure que no es troben en les mostres i, per tant, es podrà afegir a aquestes mostres blanques quantitats conegudes del patrons per poder realitzar la quantificació de les mostres problema i avaluar la recuperació de les extraccions.

Un cop injectats en els sistemes cromatogràfics corresponents els patrons, els controls i les mostres, se n'obtiniran els perfils cromatogràfics que permetran identificar i quantificar els plaguicides.

Les tècniques de cromatografia acoblades amb espectrometria de masses són molt sensibles i permeten identificar i quantificar els plaguicides.

Els resultats obtinguts s'informaran en el butlletí d'anàlisi i seran interpretats convenientment pels organismes d'inspecció, atenent als LMR normatius vigents.

04. Detecció i quantificació d'OMG en pinsos

El Reglament (CE) 1829/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre, regula els nivells límits per a l'etiquetatge i la comercialització de productes amb presència d'OMG. Així, en alimentació animal, les matèries primeres o els pinsos compostos que continguin, estiguin compostos o produïts per OMG, o bé estiguin produïts a partir d'OMG, han d'anar etiquetats com a productes modificats genèticament si el contingut per ingredient és superior al 0,9%. Són exemples de cada tipus:

- Aliments que són OMG: blat de moro modificat genèticament.
- Aliments que contenen OMG: salsa de soja preparada amb llavors de soja modificada genèticament.
- Aliments produïts a partir d'OMG: oli de soja modificada genèticament.
- Aliments que contenen ingredients produïts a partir d'OMG: preparat que conté lecitina de soja procedent de soja modificada genèticament.

Per tant, caldrà en primer lloc detectar si els pinsos tenen o no algun component modificat genèticament i, posteriorment, quantificar aquells components que s'hagin detectat per determinar si l'etiquetatge és correcte.

Tots els mètodes analítics utilitzats es troben a la base de dades de mètodes validats pel laboratori de referència europeu i s'apliquen en la majoria de laboratoris europeus, cosa que permet tenir uns resultats comparables.

Com a controls de referència, s'utilitzen materials certificats procedents principalment dels materials de referència europeus.

04.1 Preparació de la mostra

Les mostres preparades, tal com s'ha descrit a l'apartat 02, poden ser de gra sencer, gra trencat, farina i pinso compost, amb granulometria i naturalesa diverses. L'objectiu és que tinguin una textura de farina fina per poder iniciar l'extracció d'ADN amb la màxima eficiència i homogeneïtat.



Mostra de blat de moro en gra i un cop molturada. Font: LAC.

Tots els mètodes analítics utilitzats es troben a la base de dades de mètodes validats pel laboratori de referència europeu.

04.2 Separació dels espais de treball

És fonamental que els diferents espais de treball estiguin prou separats per evitar contaminacions, per la qual cosa es disposa d'espais diferenciats:

- Sala de preparació de la mostra
- Sala d'extracció i manipulació dels extractes d'ADN
- Sala de preparació de reactius de PCR
- Sala d'amplificacions de PCR

És indispensable que la sala on es prepara la mostra estigui ben apartada de les sales d'anàlisi per evitar una possible contaminació ambiental, ja que la sensibilitat de la tècnica emprada, la PCR, pot arribar a detectar traces i amb la molturació es pot fer pols de partícules molt fines que podrien contaminar l'ambient. Per aquest motiu, s'inclou un testimoni del control ambiental en cada sèrie de molturació que ens indicarà si l'ambient ha estat contaminat o no.

04.3 Extracció de l'ADN

S'utilitza principalment un kit comercial (Nucleospin® Food) que ha estat validat al LAC per fer l'extracció de l'ADN amb els diferents tipus de matèries que s'analitzen (gra, farines, material vegetal i pinsos compostos). Això facilita la unificació del procediment i permet controlar millor els reactius.

L'extracció consta d'una lisi cel·lular amb què s'allibera l'ADN junt amb el contingut cel·lular, una centrifugació per eliminar les restes sòlides, una fixació i precipitació per tal de separar l'ADN de la resta de components de la fracció líquida, una fixació a una minicolumna

amb una membrana de sílice especial on quedarà retingut l'ADN, un rentat per eliminar substàncies solubles que poden interferir en l'anàlisi i una recuperació i solubilització de l'ADN ja purificat. Posteriorment s'avalua la quantitat i qualitat mitjançant un microespectrofotòmetre i s'ajusten les concentracions de treball abans de procedir a l'anàlisi.

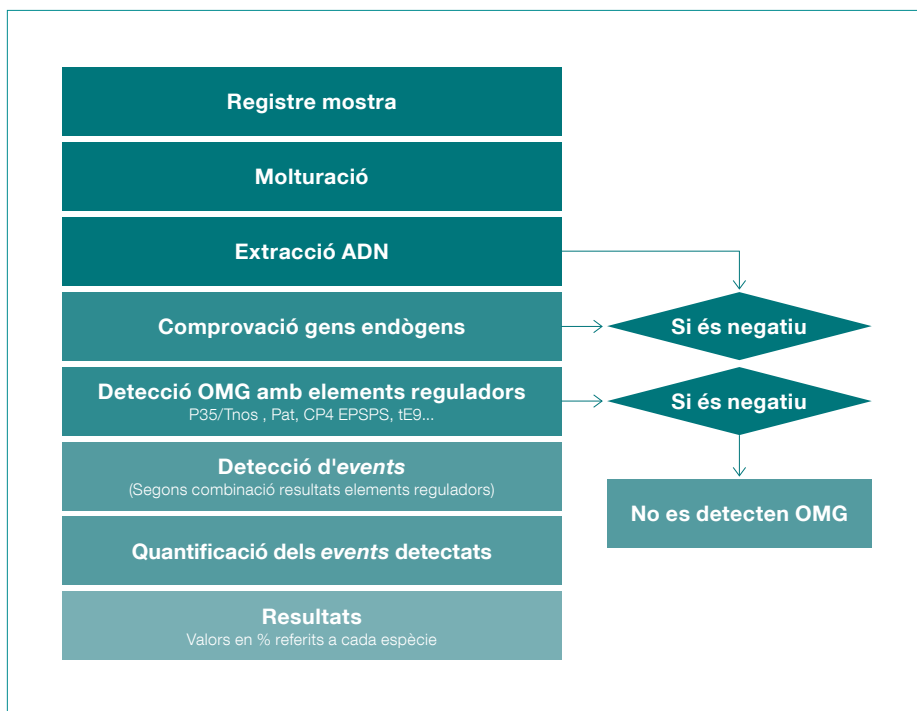
04.4 Detecció d'OMG o cribratge

Amb l'ADN purificat i ajustada la concentració, ja es poden iniciar les anàlisis de PCR. Tant les anàlisis de detecció com les de quantificació dels OMG es fan mitjançant PCR a temps real (qPCR) amb sondes Taqman, cosa que permet una alta sensibilitat i especificitat.

Primer es fa una anàlisi d'elements reguladors (promotors, terminadors, elements de construcció, etc.), que són gens que acompanyen l'estructura de l'ADN inserit en la modificació i són prou generals com perquè es detectin la majoria, i en alguns casos totes, de les varietats modificades genèticament.

Al LAC s'analitzen cinc elements reguladors (P35s, Tnos, Pat, CP4epsps i tE9), que detectarien OMG en materials que continguin blat de moro, soja, colza i/o cotó. L'anàlisi d'elements reguladors permet identificar més del 80% de varietats modificades genèticament.

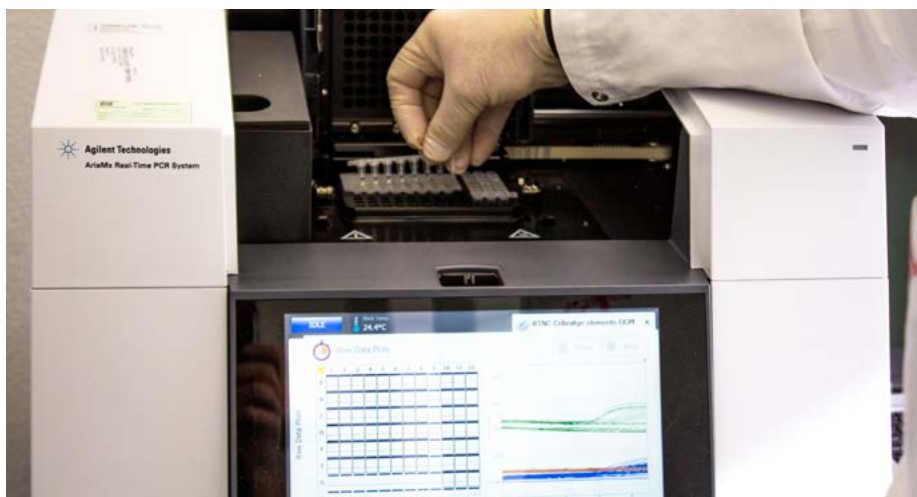
Segons el resultat de presència/absència dels elements, es continua amb la detecció de les varietats possibles segons el cribratge amb la identificació dels *events* incorporats. Un *event* és el conjunt de gens inserits que confereixen una característica determinada a la varietat modificada. Al LAC, la detecció es fa utilitzant com a diana la cadena d'ADN que s'anomena "event específic", és a dir, una seqüència d'ADN que inclou part del genoma propi de l'espècie vegetal i part de l'ADN inserit en la modificació. D'aquesta manera ens assegurem que detectem el gen modificat i corresponent a una espècie vegetal concreta.



Seqüència analítica d'OMG. Font: LAC.



Preparació de la PCR per a l'anàlisi d'OMG. Foto:LAC.



Càrrega de mostres en un termociclador a temps real. Foto: LAC

Codi de treball	Event	P35s	T-nos	Pat	CP4epsps
1	Bt176 Maize (SYN-EV176-9)	Sí	No	No	No
2	Bt11 Maize (SYN-BT011-1)	Sí	Sí	Sí	No
3	MON810 Maize (MON-00810-6)	Sí	No	No	No
4	GA21 Maize (MON-00021-9)	No	Sí	No	No
5	NK603 Maize (MON-00603-6)	Sí	Sí	No	Sí
6	MON863 Maize (MON-00863-5)	Sí	Sí	No	No
7	TC1507 Maize (DAS-01507-1)	Sí	No	Sí	No
8	MIR604 Maize (SYN-IR604-5)	No	Sí	No	No
9	59122 Maize (DAS-59122-7)	Sí	No	Sí	No
10	MON88017 (MON-88017-3)	Sí	Sí	No	Sí
11	MON89034 (MON-89034-3)	Sí	Sí	No	No
G1	GTS-40-3-2 Soy (MON-04032-6)	Sí	Sí	No	No

Relació dels events transgènics amb la presència/absència d'elements reguladors. Font: LAC.

* El terminador tE9 no hi és present en cap dels events inclosos en aquesta taula.

Un cop detectats els *events* presents, es passa a la quantificació.

04.5 Quantificació d'OMG

La quantificació permet establir si el contingut en OMG s'ajusta a la informació declarada a l'etiqueta del producte. Com que la normativa especifica que la quantificació ha d'estar referida a cada ingredient, la quantificació que es fa és relativa, és a dir, que els valors estaran referits en percentatge per a cada espècie vegetal present. Per tant, la quantificació implica una anàlisi del gen inserit a determinar i una anàlisi de presència del taxó (mitjançant gens endògens propis de l'espècie corresponent).

L'escala de quantificació es fa amb còpies genòmiques i es calcula mitjançant rectes de regressió amb dilucions seriadades a partir de material de referència certificat que relaciona els cicles de tall (Ct o Cq) obtinguts en la qPCR i la concentració en còpies. El càlcul final seria:

$$\% \text{ OMG} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de còpies del gen modificat (event)}}{\text{N}^\circ \text{ de còpies del gen endògen (taxó)}} \times 100$$

Actualment al LAC es poden quantificar onze varietats de blat de moro i una de soja.

El resultat de l'anàlisi quantitatiu ha

d'informar del % present de l'*event* modificat, la seva incertesa i ha d'especificar sobre quin taxó està referit el percentatge.

05. Conclusions

Amb les anàlisis de plaguicides i d'OMG s'aconsegueix detectar quantitats molt baixes d'anàlisis, per tal de comprovar que no se superen els LMR i detectar la possible contaminació accidental, respectivament, tal com estableix la normativa aplicable. Amb aquests controls es contribueix a la millora de la qualitat i la seguretat dels productes agroalimentaris.

Per saber-ne més

REGLAMENTO (CE) Num.396/2005 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo

Base de dades de plaguicides https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en
EUR-Lex. (2022) "Glosario de las síntesis de organismos modificados genéticamente (OMG)". Publicacions en línia de la UE.

Reglamento (CE) n° 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.

<https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/gmomet-hods/>. Web dels mètodes validats i aprovats per la UE en l'anàlisi d'organismes modificats genèticament.

<https://crm.jrc.ec.europa.eu/>. Web dels materials de referència certificats de la UE disponibles per a l'anàlisi d'organismes modificats genèticament.

Autoria



Pilar Rodríguez Martínez

Secció de Tècniques Cromatogràfiques.
Laboratori Agroalimentari.
DACC.
prodriguezmartinez@gencat.cat



Dr. Francesc García Figueres

Responsable tècnic d'anàlisi d'organismes modificats genèticament.
Laboratori Agroalimentari.
DACC.
fgarciafigueres@gencat.cat

L'ACREDITACIÓ ALS LABORATORIS AGROALIMENTARIS i el control oficial

01. Introducció

L'interès creixent dels consumidors en la seguretat dels aliments, juntament amb l'augment tant del seu poder adquisitiu com de la cultura gastronòmica, han fet que el mercat exigeixi, tant de les administracions competents, com dels sectors productius, controls més grans i més eficaços. Avui, per a qualsevol activitat d'aquest sector (tant en l'àmbit reglamentari com en el voluntari) que impliqui la realització d'activitats d'avaluació de la conformitat, es planteja l'acreditació com una necessitat.

El sector agroalimentari és un dels sectors en què l'acreditació de l'Entitat Nacional d'Acreditació (ENAC) està més consolidada. L'existència d'organismes acreditats (laboratoris, entitats de certificació i inspecció) que avaluin la conformitat dels productes és fonamental tant per als fabricants com per a l'Administració: als fabricants els facilita l'accés al mercat global, ja que poden demostrar d'una manera única, fiable i reconeguda, tant al consumidor nacional com a l'internacional, que els seus productes compleixen els requisits que els són aplicables, i a l'Administració li ofereix garanties de seguretat i integritat de les activitats d'avaluació dels productes.

02. ENAC i el sector alimentari

L'acreditació d'ENAC a l'àmbit agroalimentari aporta la garantia que determinats productes i serveis que es posen al mercat reuneixen uns requisits de seguretat específics i una sèrie de característiques diferencials de qualitat. L'Entitat Nacional d'Acreditació és l'en-

titat designada pel Govern per operar a Espanya com l'únic organisme nacional d'acreditació, en aplicació del Reglament (CE) núm. 765/2008 del Parlament Europeu, que regula el funcionament de l'acreditació a Europa.

L'ENAC té com a missió generar confiança en el mercat i en la societat amb l'avaluació, a través d'un sistema conforme a normes internacionals, de la competència tècnica de laboratoris

d'assaig o calibratge, entitats d'inspecció, entitats de certificació i verificadors mediambientals que desenvolupin la seva activitat a qualsevol sector: indústria, energia, medi ambient, sanitat, alimentació, investigació, desenvolupament i innovació, transports, telecomunicacions, turisme, serveis, construcció, etc. Contribueix, així, a la seguretat i el benestar de les persones, la qualitat dels productes i serveis, la protecció del medi ambient i, d'aquesta manera, a l'augment de la competitivitat dels productes i serveis espanyols i a una disminució dels costos per a la societat deguts a aquestes activitats.

La marca ENAC és la manera de distingir si un certificat o un informe està acreditat o no. És la garantia que l'organització que l'emet és tècnicament competent per dur a terme la tasca que realitza, i ho és tant a Espanya com als 100 països on la marca d'ENAC és reconeguda i acceptada gràcies als acords de reconeixement que ENAC ha subscrit amb les entitats d'acreditació d'aquests països.

03. El laboratori acreditat, peça clau en la seguretat alimentària

El sector alimentari és un sector estratègic per a l'economia espanyola. A causa d'això, els serveis d'assaig acreditats constitueixen l'eina més útil i potent per donar resposta als reptes comercials a què s'enfronta contínuament amb les garanties més grans. La realització d'assajos és clau en diferents àmbits, com són la seguretat alimentària o l'exportació per a la demostració per part dels fabricants i de la resta



Balança analítica. Foto: LAC.



Peses certificades. Foto: LAC.

d'operadors alimentaris del compliment de les especificacions reglamentàries de la Unió Europea o de països tercers als quals es destinen les mercaderies i productes agroalimentaris.

Els laboratoris d'anàlisi acreditats són essencials per establir i controlar la seguretat i la qualitat dels productes alimentaris.

Els laboratoris d'anàlisi acreditats són essencials per establir i controlar la seguretat i la qualitat dels productes alimentaris, tant en l'àmbit voluntari de control de la producció, com en l'àmbit regulat de control oficial. L'activitat dels més de 375 laboratoris acreditats per ENAC contribueix, tant a garantir la seguretat dels aliments, com a comprovar unes característiques determinades de cara a les possibles denominacions de venda dels productes o a la seva classificació en unes determinades qualitats, tot aportant als diferents agents del sector (Administració, associacions professionals, consells reguladors, distribuïdors, productors, centres tecnològics...) serveis analítics tècnicament competents per a una

gran varietat de productes, tècniques i paràmetres:

- Anàlisis fisicoquímiques: anàlisis composicionals de productes específics com ara olis, vi, llet, cereals, carn i derivats, pinsos, anàlisis fisicoquímiques d'aigües de consum humà, aigües de reg, fertilitzants, sòls agrícoles, anàlisi de residus de plaguicides i veterinaris, determinació de compostos orgànics persistents (PCB, HAPS, dioxines), de micotoxines, de metalls pesants, etc.
- Anàlisi microbiològica d'aliments preparats per al consum i de les matèries primeres, anàlisi d'aigües de consum; altres anàlisis més específiques com les relatives al control de salmonel·la en les etapes de la producció primària (p. ex. femta, mostres ambientals), anàlisi per al control de la higiene en superfícies de treball.
- Anàlisi de biologia molecular: identificació d'espècies, anàlisi de productes transgènics, detecció i identificació de microorganismes.
- Anàlisis sensorials com les realitzades per detectar defectes (d'olor, sabor o color) o caracteritzar sensorialment determinats aliments, o les anàlisis sensorials hedòniques realitzades per establir les preferències dels consumidors.
- Assajos de control i diagnòstic de

malalties que duen a terme els laboratoris de sanitat animal per garantir la salut dels animals i, per tant, generar la confiança en els productes que se n'obtenen. La capacitat de diagnòstic i detecció que proporcionen aquests laboratoris és un element fonamental per fer front a les possibles crisis i alarmes sanitàries com les "vaques boges", brucel·losi, salmonel·losi, triquinosi, botulisme, tuberculosi, anisakis, virus de la grip A, o la llengua blava.

04. Europa aposta per l'acreditació per al control d'aliments

La Unió Europea, principal mercat dels operadors alimentaris espanyols, s'ha dotat des de fa temps d'un marc legal que estableix un conjunt de regles clares que pretenen prevenir, eliminar o reduir el nivell de risc per a la salut humana a tota la cadena alimentària, la qual cosa inclou tots els processos, productes i activitats relacionats amb la producció i la manipulació dels aliments i pinsos, i implica tant les autoritats competents com els operadors privats (productors, fabricants, distribuïdors, importadors, etc.).

Després de dissenyar el sistema de control oficial de la cadena alimentària, les autoritats europees confien en l'acreditació com una de les peces fonamentals en la seva estratègia en aquest camp. Això va quedar palès en l'exigència establerta al Reglament (CE) núm. 882/2004 del Parlament Europeu i del Consell de 29 d'abril de 2004, en què es va establir l'obligatorietat que les autoritats competents només designin per als controls oficials laboratoris acreditats, d'acord amb la norma ISO/IEC 17025. Actualment, la pràctica totalitat dels laboratoris oficials de les administracions que fan el control oficial a Espanya estan acreditats per ENAC. Addicionalment, nombrosos laboratoris privats acreditats participen en el control oficial en aplicació del Reglament europeu esmentat.



Material de laboratori. Foto: LAC.

La lliure circulació dels productes agroalimentaris a la Unió Europea exigeix un elevat nivell de protecció en àmbits com la salut i la seguretat alimentària, però també en altres facetes com la protecció del consumidor davant del frau o l'incompliment de les exigències relatives a la qualitat i/o al dret a rebre una informació veraç i correcta sobre els productes.

Tot això va motivar una modificació de la legislació europea i la publicació el 2017 del nou Reglament (CE) núm. 2017/625, relatiu als controls oficials i altres activitats realitzades per garantir l'aplicació de la legislació sobre aliments i pinsos i de les normes sobre salut i benestar dels animals, sanitat vegetal i productes fitosanitaris.

El nou Reglament va introduir novetats importants com són la seva ampliació a tota la cadena agroalimentària, normes més específiques per abordar el frau que inclouen l'obligació dels estats membres d'efectuar controls regulars, no programats i en funció del risc, així com l'aplicació de sancions econòmiques proporcionals al benefici econòmic o a un percentatge de la xifra de negoci, i la creació de centres de referència de la Unió Europea que vetllen per la integritat i autenticitat a tota la cadena alimentària, entre d'altres.

La Comissió Europea confia en l'acreditació com l'única eina vàlida per demostrar competència tècnica dels laboratoris que fan controls oficials.

També va incorporar alguns canvis a les exigències de l'acreditació de les activitats d'avaluació de la conformitat relatives a la vigilància del mercat. D'aquesta manera, la Comissió Europea continua confiant en

l'acreditació com l'única eina vàlida per demostrar competència tècnica, però a més ha introduït una exigència més gran en relació amb l'acreditació de laboratoris.

Fins ara, per garantir la fiabilitat i la coherència dels controls a realitzar, els laboratoris que efectuaven les anàlisis requerides pels controls establerts havien de comptar amb l'experiència, l'equipament, la infraestructura i el personal adequat per dur-los a terme. Una exigència que conserva el nou Reglament de control oficial, que manté que els laboratoris esmentats han d'estar acreditats segons la norma EN ISO/IEC 17025, però hi afegeix el requisit que tots els seus resultats analítics estiguin coberts per l'acreditació per proporcionar així la fiabilitat necessària.



Material de laboratori. Foto: LAC.



Registres de laboratori. Foto: LAC.

Aquest increment de les exigències apareix reflectit en una sèrie d'articles dirigits a l'acreditació dels laboratoris. Entre aquests, cal destacar l'apartat 5 de l'article 37, en què la Comissió exigeix al laboratori acreditar tots i cadascun dels mètodes d'anàlisi necessaris per fer els controls que siguin requerits. Aquesta clàusula aclareix millor que l'antic Reglament l'abast de l'acreditació, que sempre fa referència als mètodes d'anàlisi emprats i no al laboratori com a organització.

05. Evitar riscos a la cadena alimentària

Quan un operador o una empresa es planteja utilitzar serveis d'anàlisi per efectuar els controls requerits i vol comptar amb les màximes garanties de competència tècnica, sense córrer riscos, ha d'optar per laboratoris acreditats, ja siguin interns o externs, perquè només ells han demostrat disposar de la competència tècnica necessària per proporcionar als operadors l'agilitat i la confiança que demanen els clients i el mercat internacional. A més, l'acreditació i l'ús d'avaluadors acreditats donen suport a les empreses alimentàries contra reclamacions de responsabilitat potencials.

Finalment, això es tradueix en una seguretat per als consumidors, que poden confiar en els productes i els serveis emparats per informes i certificats acreditats, ja que els acords internacionals d'acreditació asseguren que compleixen les normes de qualitat i seguretat independentment del país d'origen.

Autoria



Elisa Gredilla Zazo

Cap del Departament Agroalimentari i de Bones Pràctiques de Laboratori de l'Entitat Nacional d'Acreditació (ENAC)
egredilla@enac.es

DADES I ESTADÍSTIQUES

de resultats

01. Què heu de saber del Laboratori Agroalimentari?

El Laboratori Agroalimentari (LAC) participa en diferents sectors d'activitat. Aquests es poden englobar en la qualitat dels aliments (la seva caracterització, composició, origen i autenticitat), la seguretat dels aliments (la microbiologia, els contaminants naturals i les substàncies indesitjables, les substàncies químiques permeses i els seus límits màxims o les substàncies prohibides). I també participa en el camp mediambiental mitjançant les anàlisis per a l'elaboració de mapes de risc d'incendi.

Per conèixer amb més profunditat l'activitat analítica que es desenvolupa en el LAC, en els apartats següents se'n descriu l'oferta de serveis, la tipologia de productes i mostres que analitza, les tècniques que aplica i les determinacions analítiques. Alhora s'hi exposa quins són els plans de control en què participa i es detallen els principals usuaris i usuàries del servei.

02. Què fa? Per a qui treballa? Plans de control i sectors d'activitat

Els serveis analítics del LAC venen de-

terminats pel marc normatiu de la Unió Europea i en l'àmbit estatal s'estableixen en el Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria.

A la taula 2 es descriuen els plans i els programes de control, els usuaris, els tipus de controls, els tipus i nombre de mostres i les determinacions analítiques que es fan.

Els serveis analítics del LAC venen determinats pel marc normatiu de la Unió Europea, que s'estableixen en el Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria.

Usuaris		Núm. mostres	% mostres	Núm. usuaris	% clients
Sector públic	Generalitat de Catalunya	5106	75	23	32
	Altres administracions	927	14	28	39
	Subtotal	6033	89	51	71
Sector privat		743	11	21	29
Total		6776	100	72	100

Taula 1. Nombre de mostres segons classificació d'usuaris. Dades de l'any 2021. Font: LAC.

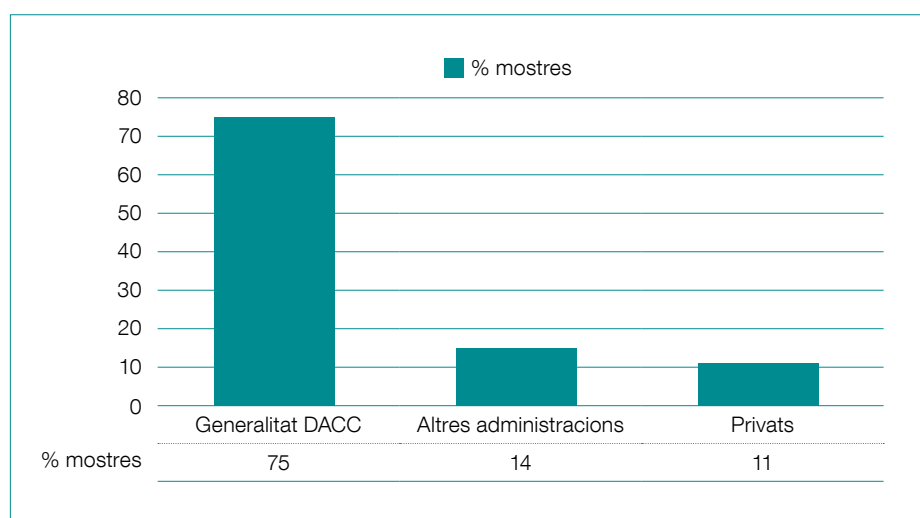


Figura 1. Percentatge de mostres analitzades segons l'origen. Dada mitjana dels darrers tres anys. Font: LAC.

A la taula 1 i a la figura 1 es pot veure el detall i la representació gràfica de les mostres analitzades segons l'origen i la tipologia d'usuari del servei del LAC.

A banda del control normatiu dels productes agroalimentaris, el LAC, en el marc de les seves funcions, duu a terme altres activitats ja descrites a l'article "El paper del Laboratori Agroalimentari en els controls oficials".

03. Què té acreditat segons la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017?

L'acreditació de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, relativa a "Requisits generals per a la competència dels laboratoris d'assaig i calibratge" del LAC, va entrar en vigor el 19 de febrer de 1999 i té el número 157/LE309.

Pla control	Usuari/Client	Tipus de control	Tipus de mostra	Núm. mostres	Determinacions analítiques
Pla d'inspecció i control oficial de la qualitat i lluita contra el frau agroalimentari	Subdirecció general d'inspecció i control agroalimentari DACC	Naturalesa Identitat Composició Especie Origen Qualitat	Aliments	150-200	Les que determinen la conformitat o no de les mostres amb les característiques reglamentàries dels productes
Pla d'investigació de residus en aliments de Catalunya.	Servei d'alimentació animal i seguretat de la producció ramadera DACC	Ús il.legal de substàncies en la cria dels animals destinats a consum humà Ús correcte de medicaments veterinaris	Pinsos Orina animal Aigües de beguda per animals Pèl animal Peixos, crustacis, mol.luscs i derivats	2000-2500	Beta-agonistes Hormones i lactones Cloramfenicol Corticosteroids Estilbens Antimicrobians Metalls pesants: Hg
Programa de control oficial de l'alimentació animal	Servei d'alimentació animal i seguretat de la producció ramadera DACC	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	Pinsos i les seves matèries primeres (inclou additius i premescles)	750-1100	Components d'origen animal: derivats animal terrestre, derivats de peix, ADN remugant Substàncies indesitjables: Metalls pesants; Contaminants inorgànics i compostos nitrogenats; Plaguicides organoclorats; Micotoxines; Toxines vegetals inherents; Coccidiostàtics Additius: Antioxidants; Vitamines; Oligoelements; Urea; Coccidiostàtics Substàncies medicamentoses: Autoritzades, No autoritzades; Microorganismes Antimicrobians Composició nutricional Macromineral OGMs Plaguicides
Control oficial de la higiene i ús de productes fitosanitaris	Servei de sanitat vegetal DACC	Adequació als requisits normatius, d'ús sostenible, de productes fitosanitaris	Fruites, verdures, cereals, llegums, fruits secs, flors, fulles, troncs Substrats de cultiu Difussors de feromones Aigües de reg	400-500	Plaguicides; Feromones
Pla de vigilància de la comercialització de productes fitosanitaris	Servei de sanitat vegetal DACC	Control d'establiments on es fabriquen, emmagatzemen o comercialitzen productes fitosanitaris	Formulats Fitosanitaris Caldos d'aplicació de formulats fitosanitaris	15-20	Plaguicides
Programa de seguiment de la qualitat de les aigües i mars a les zones de producció de Catalunya.	IRTA DG Pesca DACC	Vigilància contaminació Adequació als requisits normatius	Peixos, crustacis, mol.luscs i derivats	25-50	Metalls pesants: As, Cd, Pb, Hg, Ni, Cu, Zn, Cr, Mn
Pla d'actuacions en matèria de control i difusió del consum segur de productes agroalimentaris	Agència Catalana del Consum	Naturalesa Identitat Composició Especie Origen Qualitat	Aliments	80-120	Les que determinen la conformitat o no de les mostres amb les característiques reglamentàries dels productes
Pla Prevenció i lluita contra incendis	Servei de prevenció d'incendis forestals DACC	Avaluació del perill d'incendis forestals	Material vegetal	500-600	Humitat Relació Humitat/Matèria Seca
Pla higiene explotacions agrícoles	Servei de Sanitat Vegetal Servei d'Ordenació Agrícola DACC	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	Fruites, verdures i hortalisses Aigües	200-240	Salmonella E.Coli Listeria monocitogenes
Projecte FruitNet	IRTA-Fruitcentre Lleida IRTA-Mas Badia Girona DACC	Optimització del control de plagues i malalties i de l'ús dels productes fitosanitaris en l'àmbit de la producció de fruita. Determinar el període de presència i el nivell de residus de productes fitosanitaris aplicats en precollita	Fruita (préssec, nectarina, pera, poma)	100-150	Àc. fosfònic, Acequinocyl, Acetamidrid, AMPA, Bupirimat, Ciflutrin, Ciprodinil, Deltametrina, Difenocnazol, Ditianona, EPA, Espirodiclofen, Espirotetramat, Etefon, Etoxazol, Fenbuconazol, Fludioxonil, Fluopriam, Fluvialinat, Fluxaproxad, Fosetil, Fosetil alumini, Glifosat, Glufosinat, Glufosinat amonic, Isopyrazam, Kresoxim metil, L-Cihalothrina, Miclobutanil, MPP, NAG, Pentiopirad, Pimetrozina, Piretrines naturals, Pirimetanil, Spinetoram, Sulfoxaflor, Tebuconazol, Tiacloprid, Multiresidus de plaguicides
Projecte Horta Net	IRTA DACC	Desenvolupar sistemes de producció sostenibles relacionats amb la millora de la protecció enfront de plagues, malalties i males herbes	Horta (tomàquet, ensiam)	8-10	Multiresidus de plaguicides Espiroemesifen Espinosa A Espinosa D Espinosa D

Pla control	Usuari/Client	Tipus de control	Tipus de mostra	Núm. mostres	Determinacions analítiques
Programa de fertilització agrícola	Servei de sols i gestió mediambiental de la producció agrària	Millora de la fertilització agrícola i gestió de la matèria orgànica	Material vegetal (pastures, farratges, matèries primeres per alimentació animal) Aigües d'ús agrícola Sòls i Substrats de cultiu Purins	140-170	N, P, K Qualitat farratgera (MS, Cendres, Midó, EE, FB, FAD, FND, LAD, Digestibilitat, PB, PD, ENL, UFL, P, Ca, P, Mg) Micobiologia: E.Coli, Salmonel.la, Listeria Micotoxines: Aflatoxina (B1, B2, G1, G2, Ocratoxina A, Zearalenona)
Pla de control de productes fertilitzants	Servei de sols i gestió mediambiental de la producció agrària DACC	Control del compliment de la normativa vigent (riquesa nutritiva declarada, etiquetatge i envasat)	Fertilitzants	20-30	Composició fertilitzants
Programa de millora de la qualitat dels olis d'oliva verge amb DOP catalanes	"IRTA - Mas Bové DACC"	Millora tecnològica de la producció oleícola dels molins i dels controls i la qualitat dels olis per potenciar la projecció i presència dels olis de les DOP catalanes en els mercats nacionals i internacionals.	Olis d'oliva	200-250	Paràmetres de qualitat: Grau Acidesa, Índex Peròxids, K232, K270 Humitat i matèries volàtils Impureses insolubles Polifenols Esters etilics i metilics dels àcids grassos Esterols Ceres Valoració organolèptica
Control qualitat olis d'oliva verge	Empreses, Cooperatives, DOPs	Anàlisis organolèptica: de certificació descriptiva	Olis d'oliva	1400-1600	Anàlisis organolèptic de classificació (categoria de l'oli i terminologia opcional per a l'etiquetatge) Informe descriptiu: Atributs positius i defectes
Programa nacional. Pla de vigilància i control del cultiu comercial d'OGMs. Pla de vigilància i control de llavors d'OGMs	Servei d'Ordenació Agrícola DACC	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	"Fulles de Blat de Moro i Soja Llavors de Blat de Moro i de Soja Colza i Cotó"	35-55	OGMs
Estudis epidemiològics de salut pública	IRTA-CRESA	Serotipat de Salmonel.la per obtenció de dades genètiques de perfils d'ADN de soques de Salmonel.la i per a producció d'autovacunes en granges	Soques salmonel.la Hisop cloacal gavina Soca d'hisop cloacal de gavina Hisop cloacal skua Femta senglar Femta sargantana	20-80	Serotipat de Salmonel.la spp
Pla de controls per concessió d'ajudes al lli tèxtil i al cànem	Servei de control integrat i pagaments Servei d'ordenació agrícola DACC	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	Cànem	10-15	δ-9-tetrahidrocannabinol (THC)
Pla de controls d'importacions. Punts d'Inspecció Fronterers Península Ibèrica	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	Pinsos i les seves matèries primeres	700-800	Plaguicides, Micotoxines, Metalls pesants (As, Cd, Pb, Hg), Òxid de Zn, Fluor, Nitrts, Microbiologia (Salmonel.la, Enterobacteries)
Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria. Designació LAC	Govern de les Illes Balears Junta de Andalucía Xunta de Galicia Gobierno de Aragón Gobierno de Cantabria Gobierno de La Rioja Gobierno de Navarra Junta de Castilla y León	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent Ús il.legal de substàncies en la cria dels animals destinats a consum humà Ús correcte de medicaments veterinaris"	Pinsos i les seves matèries primeres Fruites, verdures i hortalisses	900-1100	Residus de plaguicides Metalls Pesants (As, Cd, Pb, Hg) Òxid de Zn Nitrts Fluor Additius Etoxiquina Micotoxines Microbiologia ADN de Remugant Farines derivades d'animal terrestre Farines derivades de peix Substàncies medicamentoses autoritzades i no autoritzades Antimicrobians (Sulfamides, Tetraciclins) beta-agonistes OGMs
Control de la qualitat dels suc de fruita envasats i amb destinació gratuïta als bancs dels aliments.	Secció d'Indústria, Comerç i Reglació de Mercats Agroalimentaris de Lleida	Verificar el compliment de les condicions establertes a la normativa vigent	Sucs de fruita (nectarina, préssec, taronja, clementina)	10-20	Residus de plaguicides Microbiologia (E.Coli, Salmonel.la, recompte d'aerobis mesòfils totals, recompte d'anaerobis, recompte de fongs i llevats) Metalls pensants (As, Pb) Acidesa Graus Brix
Certificats d'exportació a països tercers	Empreses	Requisits d'importació de país tercer destinatari	Additius i matèries primeres per alimentació animal	100-150	Microbiologia ADN de remugant OGMs

Taula 2. Plans i programes de control en què participa el LAC. Font: LAC.

L'abast, recollit a l'annex tècnic en vigor i consultable a la pàgina web tant de l'Entitat Nacional d'Accreditació (ENAC) com del Departament, preveu:

- Assaigs fisicoquímics d'olis d'oliva i d'olis de sansa d'oliva per a les característiques de qualitat i puresa i valoració organolèptica dels olis d'oliva verge
- Microbiologia
 - Anàlisis microbiològiques mitjançant mètodes basats en tècniques d'aïllament en medi de cultiu
 - Serotipat de soques
- Anàlisis físiques
 - Conserves vegetals
 - Arròs blanc
 - Formulats fitosanitaris
- Microscòpia
 - Anàlisis mitjançant mètodes basats en tècniques òptiques
- Tècniques PCR
 - Anàlisis d'OGM mitjançant mètodes basats en tècniques PCR
 - Detecció d'ADN
- Anàlisis fisicoquímiques mitjançant mètodes basats en tècniques:
 - gravimètriques i volumètriques
 - òptiques
 - d'espectroscòpia molecular
 - d'espectrometria atòmica
 - de cromatografia líquida
 - cromatografia de gasos
- Anàlisis sensorial descriptiu

A l'annex tècnic de l'abast d'acreditació s'especifica el producte o material d'assaig, la identificació de l'assaig (tècnica i rang de treball) i la norma o procediment.

El LAC també compta amb l'abast d'acreditació flexible conforme a la Nota tècnica 19 d'ENAC, relativa a l'acreditació d'anàlisis de residus de plaguicides en productes agroalimentaris (obert a matrius i tancat a anàlisis); i l'abast flexible conforme a la Nota tècnica 18 d'ENAC, relativa a l'acreditació per categories d'assaig per la determinació de plaguicides en formulats fitosanitaris. En ambdós casos disposa de la llista d'assaigs coberts per l'acreditació (LPE i LEBA, respectivament).

Les modalitats d'abast d'acreditació tancat i obert o flexible es diferencien en el fet que, en el primer cas, l'ENAC ha d'auditar i avaluar els procediments d'anàlisis abans que el LAC pugui emetre resultats acreditats.

En l'abast obert o flexible, el LAC gestiona en seu propi abast d'acreditació. La competència tècnica en el desenvolupament i la validació de nous mètodes d'assaig permet al LAC emetre resultats acreditats abans de ser auditat/avaluat.

Com a dada rellevant, cal destacar que més del 84% dels resultats analítics emesos pel LAC estan emparats per l'acreditació de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

Pel que fa a altres acreditacions i/o reconeixements, destaca el reconeixement del Consell Oleícola Internacional (COI) per al període de l'1 de desembre de 2021 al 30 de novembre de 2022 tant del tipus B fisicoquímic com el sensorial.

Aquest reconeixement obtingut pel LAC i el Panell de Tast Oficial d'Olis Verges d'Oliva de Catalunya implica poder ser cridats pel mateix COI per intervenir en cas de processos de litigi o disputes en

transaccions internacionals en què s'usa el procediment d'arbitratge del COI.

També és destacable el sistema de gestió mediambiental basat en la norma UNE-EN ISO 14001 implantat al LAC, que té com a objectiu contribuir a la sostenibilitat i pel qual ha adoptat els compromisos ambientals següents:

- El compliment de tota la reglamentació ambiental
- La protecció del medi ambient i la prevenció de la contaminació
- L'ús eficient dels recursos naturals (consums energètics, d'aigua i altres recursos naturals)
- La millora de la gestió dels residus generats
- El compliment de la norma internacional UNE-EN ISO 14001

04. Quin tipus de productes analitza?

Els productes que analitza el LAC es poden classificar en quatre grans grups:

- Aliments
- Mitjans de la producció
- Pinsos
- Altres productes d'origen animal

Aliments		
Aigües i gel	Condiments i espècies	Hortalisses i verdures
Aliments estimulants	Gelats	Llet i derivats
Begudes alcohòliques	Conserves animals i vegetals	Greixos comestibles
Begudes no alcohòliques	Edulcorants naturals i derivats	Ous i ovoproductes
Carns i derivats	Farines i derivats	Tubercles i derivats
Cereals i derivats	Fruïtes i derivats	Lleguminoses
Mitjans de producció	Pinsos	Productes d'origen animal
Aigües d'ús agrícola	Matèries primeres	Orina
Aigües per a consum animal	Additius	Pèl
Farratges	Premescles	Teixit animal
Fertilitzants	Pinsos compostos	Vísceres
Formulats fitosanitaris		Altres
Material vegetal		
Substrats de cultiu		

Taula 3. Productes analitzats al LAC. Font: LAC.

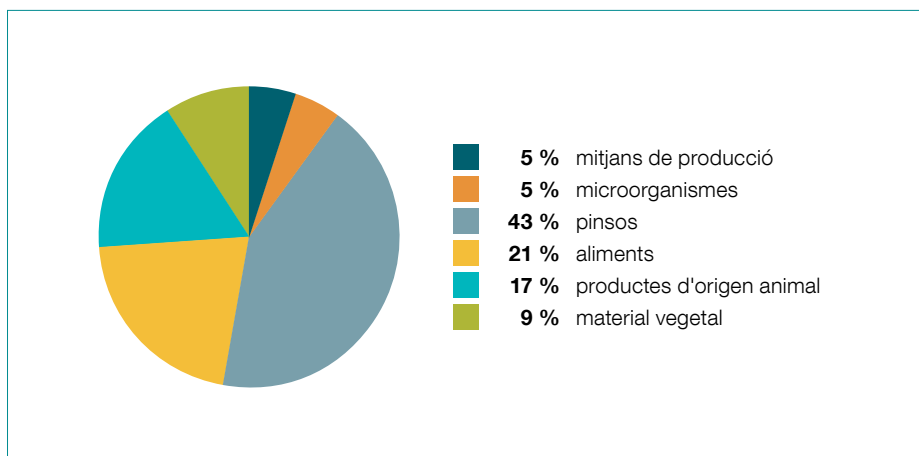


Figura 2. Percentatge de mostres analitzades per grups de classificació de producte. Dades mitjanes dels darrers tres anys. Font: LAC.

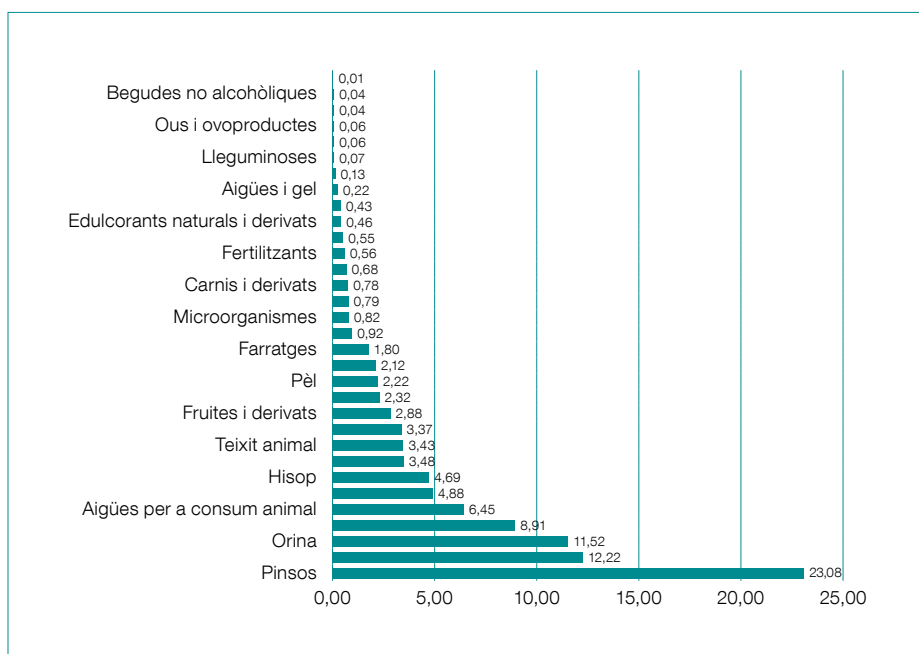


Figura 3. Percentatge de mostres analitzades per tipus de producte. Dades mitjanes dels darrers tres anys. Font: LAC.

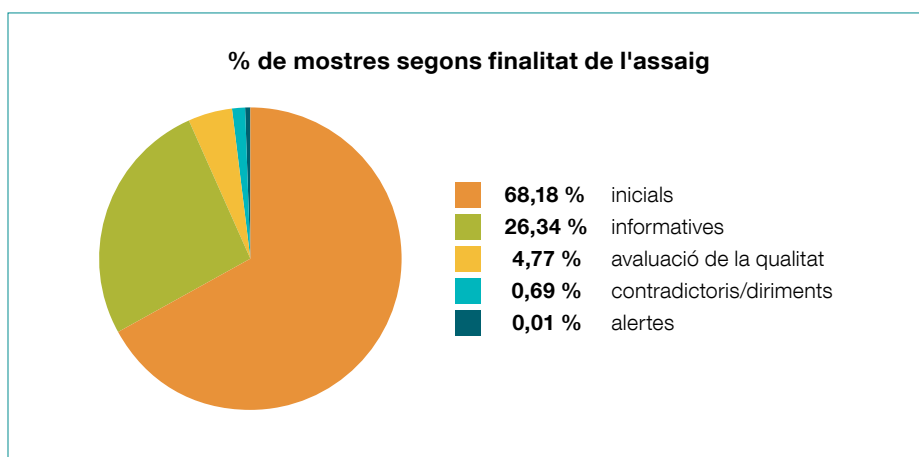


Figura 4. Percentatge de mostres analitzades segons finalitat de l'assaig. Dades mitjanes dels darrers tres anys. Font: LAC.

La taula 3 detalla els productes que s'analitzen per a cada grup i la figura 2 mostra els percentatges de mostres analitzades per grups de productes durant els tres últims anys.

05. Quin tipus de mostres analitza?

El percentatge de mostres analitzades segons detall de classificació de producte es descriu en la figura 3.

Les mostres que analitza el LAC segons la finalitat de l'assaig es poden classificar en els grups següents:

- Inicials (processos d'inspecció i control. Aleatori/dirigit/per sospita)
- Informatives (prospectives, d'estudis, de projectes, per emetre certificats exportació)
- D'avaluació de la qualitat dels assaigs (control propi intern i/o extern)
- Contradictòries/diriments (processos d'inspecció i control. Aleatori/dirigit/per sospita)
- Provenents d>alertes (partides immobilitzades, dirigides, per sospita)

06. Quines tècniques d'anàlisi aplica?

El LAC no està especialitzat en una única tècnica, sinó que la tasca analítica és molt variada i aplica diverses tècniques.

L'equipament analític instrumental necessari per a l'aplicació de les diverses tècniques és ampli i divers, tal com s'explica a l'article "Els laboratoris del DACC. Infraestructura, mitjans tècnics i recursos".

07. Quins paràmetres i determinacions analitza?

Actualment el LAC té en servei una àmplia oferta analítica, que contempla 1.396 determinacions analítiques diferents. Els darrers tres anys, la mitjana de determinacions analitzades per mostra és de 10, i a cada mostra que s'analitza s'apliquen entre 4-6 mètodes diferents. Els grans grups de determinacions

analítiques que el LAC té en la seva oferta de serveis es detallen tot seguit:

- Requisits de qualitat de conserves (ex: defectes, calibre)
- Requisits de qualitat de l'arròs (es: defectes, mida)
- Caracteritzacions físiques (ex: pes net, volum net)
- Components majoritaris (ex: greix, proteïna, fibra, sucres)
- Components minoritaris (ex: cendres, impureses, alcohols)
- Components minerals (ex: Ca, Cu, Fe)
- Metalls pesants (ex: As, Cd, Hg, Pb)
- Additius i vitamines (ex: àcid ascòrbic, sulfits, nitrits, vitamina C, vitamina E)
- Microorganismes (ex: salmonel·la, listèria, enterobacteris)
- Organismes modificats genèticament (ex: anàlisis qualitatives de gens endògens, detecció d'elements reguladors per al cribratge d'OMG, anàlisis quantitatives d'OMG)
- Antimicrobians (ex: antibiòtics, cocciostàtics)
- β -agonistes i β -antagonistes (ex: clenbuterol, clemproperol)
- Hormones i corticoesteroides (ex: estradiol, dexametasona)
- Contaminants naturals (ex: micotoxines, gossipol)
- Formulats fitosanitaris (ex: glifosat, Folpet, 2,4D, fosmet)
- Residus de plaguicides (ex: organoclorats, organofosforats)

08. Resultats. Com s'interpreten?

Els laboratoris agroalimentaris seleccionen els mètodes adequats i capaços de complir amb els requisits del client, tal com estableix la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, d'obligat compliment i acreditació per a aquells laboratoris que intervenen en el control oficial.

Els mètodes que s'apliquen han de ser aptes per a l'ús previst, han de ser pertinents per a les necessitats del client i han de ser coherents amb els requisits especificats.

En aquest sentit el LAC, prèvia validació

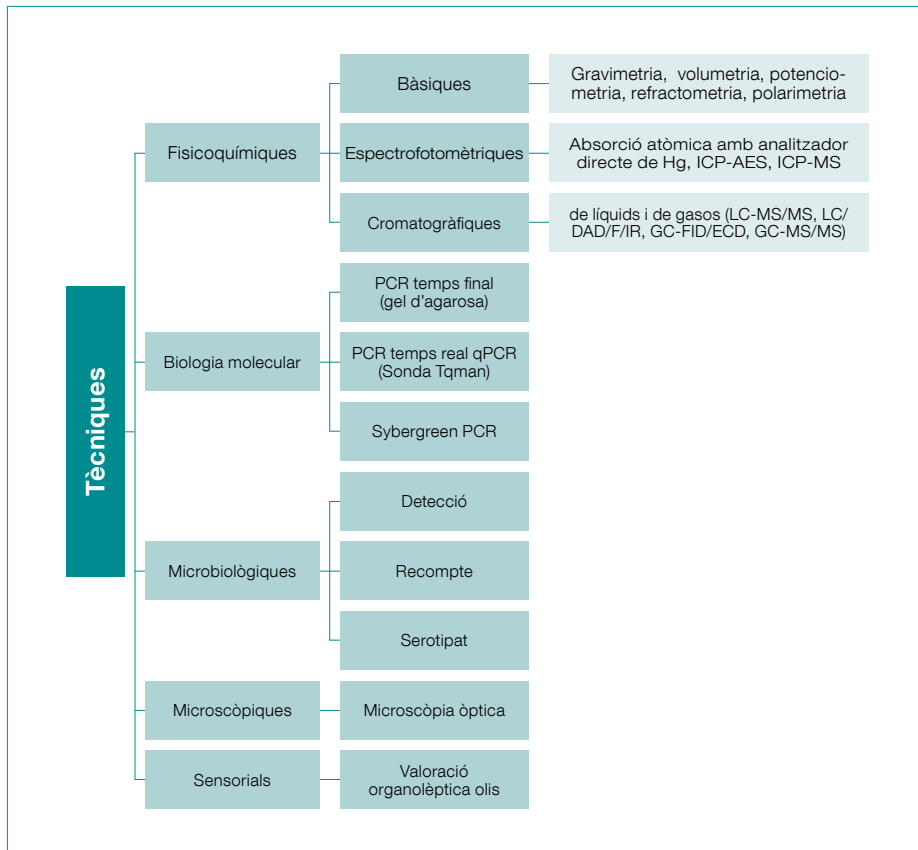


Figura 5. Tècniques de treball al LAC. Font: LAC.

del mètode i de l'establiment dels seus controls de qualitat, s'ha d'assegurar que coneix la norma d'aplicació perquè el client pugui fer una correcta interpretació del resultat (ex: toleràncies, límits d'especificació, límits màxims, LMR, etc.).

Els resultats s'han de subministrar de manera exacta, clara, inequívoca i objectiva en l'informe de resultats. L'informe de resultats ha d'incloure tota la informació acordada amb el client i la necessària per a la interpretació dels resultats, i tota la informació exigida en el mètode utilitzat.

Així, a títol d'exemple, quan el LAC duu a terme les anàlisis per al control dels límits màxims de residus (LMR) de plaguicides en productes vegetals, s'ha d'assegurar que coneix i controla la normativa específica i que el mètode d'anàlisis que aplica és exacte i precís en el límit de quantificació (LQ), que ha de ser igual o inferior a l'LMR. El plaguicida clortalonil en blat té un LMR de 0.01 mg/kg i, per tant, el límit de quantificació del mètode d'anàlisis ha de ser igual o inferior a 0.01mg/kg.

El resultat quantitatiu d'una mostra analitzada ha d'incloure el valor de la incertesa per poder fer una correcta interpretació i saber si compleix o no l'LMR establert. La definició d'incertesa segons la norma ISO 3534-1 és "una estimació unida al resultat d'un assaig que caracteritza l'interval de valors dins dels quals s'afirma que es troba el valor vertader".

Per poder fer una correcta interpretació del compliment d'una especificació, s'ha de tenir en compte el valor del resultat obtingut i la incertesa associada.

Tot seguit es pot veure gràficament a la figura 6, amb un exemple de LMR de residus de plaguicides, les possibilitats d'interpretació del resultat analític.

Qui fa la interpretació del resultat, i per tant del compliment o conformitat de la mostra respecte a l'especificació, tenint en compte la incertesa del mètode, és la unitat promotora del control oficial. En aquest cas, el LAC no ho té establert en les seves funcions.



Espectrofotòmetre ICP-OES. Foto: LAC.

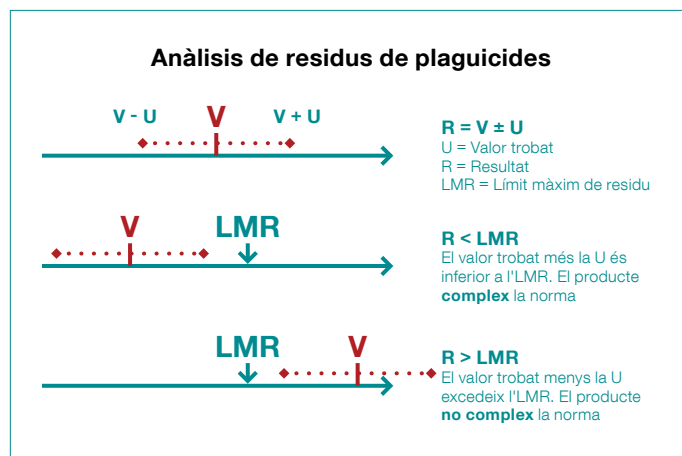


Figura 6. Interpretació d'un resultat analític segons l'LMR establert. Font: LAC.

L'exemple dels residus de plaguicides és extrapolable a moltes altres determinacions analítiques en què el LAC participa. Els contaminants en els productes alimentosos, com són els metalls pesants, les micotoxines i els nitrats, també tenen establerts límits reglamentaris. El mateix succeeix amb els organismes modificats genèticament i els additius per a alimentació humana i/o animal, etc.

Per concloure, cal dir que el LAC no rep la informació de retorn dels clients del compliment o no de les especificacions dels resultats emesos i relatius als plans de control en què participa.

Per saber-ne més, cal recórrer a les memòries i altres documents específics que tracten sobre els resultats dels plans de control oficial.

Per saber-ne més

Plan Nacional del Control Oficial de la Cadena Alimentaria (mapa.gob.es)

Agri-food fraud (europa.eu)

Agència Catalana de Seguretat Alimentària (gencat.cat)

European Food Safety Authority | Trusted science for safe food (europa.eu)

Introducció. Departament d'Acció Climàti-

ca, Alimentació i Agenda Rural (gencat.cat) Memòria del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació 2019 (gencat.cat)

Abast acreditació Laboratori Agroalimentari: Búsqueda por empresa - Portal ENAC

NT 18 d'ENAC i NT 19 d'ENAC: Documentos de acreditación - Portal ENAC

Informació Laboratori Agroalimentari web DACC. Garantia de qualitat. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (gencat.cat)

Norma ISO 3534-1

Reglament (CE) 1881/2006 de la Comissió, de 19 de desembre, pel qual es fixa el contingut màxim de determinats contaminants en els productes alimentosos

Reglament (UE) 574/2011 de la Comissió, de 16 de juny, sobre continguts màxims de nitrats, melamina i Ambrosia spp.

Reglament (CE) 1333/2008 del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre, sobre additius alimentaris

Reglament (CE) 1829/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre, sobre aliments i pinsos modificats genèticament
 Legislació LMR plaguicides: EU legislation on MRLs (europa.eu)

SANTE/12682/2019 Guidance document on analytical quality control and method

validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed

Els mètodes que s'apliquen han de ser aptes per a l'ús previst, han de ser pertinents per a les necessitats del client i han de ser coherents amb els requisits especificats.

Per poder fer una correcta interpretació del compliment d'una especificació, s'ha tenir en compte el valor del resultat obtingut i la incertesa associada.

Autoria



Mireia Medina Sala

Cap de servei del Laboratori Agroalimentari. DACC.

mireia.medinasala@gencat.cat

LES ALIANCES.

Projectes de recerca i desenvolupament i innovació. Tècniques emergents

01. Importància de les aliances amb l'acadèmia com a font de coneixement necessari per a un laboratori de control oficial

El control alimentari és essencial per protegir el consumidor i mantenir la seva confiança en la cadena alimentària, així com per garantir pràctiques justes en el comerç d'aliments. Degut a la globalització, la cadena de subministrament alimentari és sovint llarga i complexa, i els ràpids avenços de la tecnologia alimentària generen un ventall de nous aliments amb característiques que poden diferir dels convencionals. Aquesta situació dificulta el control i la detecció de possibles disconformitats, i augmenta la probabilitat d'alertes i crisis alimentàries relacionades amb la manca d'innocuitat o el frau.

L'Administració pública, que ha de vetllar pel compliment de l'autenticitat i la seguretat alimentària, necessita que

els seus organismes de control disposin d'estratègies eficaces per fer front a aquests nous reptes. Per això, la recerca en l'anàlisi dels aliments i en les noves tecnologies juga un paper molt important en el control alimentari, i els sistemes de control s'han de mantenir actualitzats, amb la incorporació dels últims avenços tecnològics i metodològics. Les tècniques emergents basades en recents desenvolupaments instrumentals, com ara les tècniques cromatogràfiques i les d'espectrometria de masses, juntament amb les estratègies innovadores d'anàlisi de dades, proporcionen una sèrie d'avantatges que poden augmentar l'eficiència i efectivitat dels controls alimentaris. D'una banda, permeten obtenir una informació molt més exhaustiva sobre l'aliment que les tècniques convencionals, sovint amb un nivell de sensibilitat molt superior, o bé amb un ventall més ampli d'anàlisis a la mateixa anàlisi. Aquestes tècniques solen requerir menys tractament de la mostra amb

estalvi de temps i reactius, i fan possible la seva aplicació en programes de cribratge capaços d'abastar mostres de grans dimensions i més representatius de la producció real. Tot i així, la instrumentació, el temps i els recursos per a l'optimització d'aquests mètodes no estan sempre a l'abast dels laboratoris de control, dedicats en gran mesura a donar resposta a la demanda d'anàlisis oficials.

Així doncs, una condició essencial per assolir eficientment el control dels productes agroalimentaris és la cooperació entre els diversos actors implicats en la cadena alimentària i en particular entre els organismes de control i els organismes de recerca, que poden donar suport als laboratoris per fer front a alertes sanitàries excepcionals o per enfortir el control complementant-lo amb mètodes de cribratge. La sinergia entre el coneixement en camp analític i tecnològic generat per la recerca i l'expertesa i competència



Anàlisi de residus de medicaments veterinaris al LAC. Font: LAC.

La sinergia entre el coneixement generat per la recerca i l'expertesa i competència dels laboratoris de control oficial faciliten la identificació i la resolució dels problemes existents i emergents relacionats amb la seguretat alimentària i la prevenció del frau.

dels laboratoris de control quant als procediments de control oficial i a les necessitats del sector alimentari faciliten la identificació i la resolució dels problemes existents i emergents relacionats amb la seguretat alimentària i la prevenció del frau.

01.01 Promotors dels projectes de recerca i prioritització de les línies de recerca

En l'àmbit europeu, estatal i autonòmic, la recerca en seguretat, traçabilitat i autenticitat alimentària segueix unes prioritats marcades tant per les administracions, que en els seus plans estratègics identifiquen les línies clau en aquest àmbit, com pel sector privat, atent a prevenir situacions que puguin comprometre la seva competitivitat i imatge. El finançament a la recerca es concentra, per tant, en les prioritats identificades per aquests agents, mitjançant fons privats, públics i mixtos. Més enllà de la recerca privada, que es duu a terme habitualment als departaments d'investigació i desenvolupament de les empreses o en col·laboració entre empresa i acadèmia, els governs promouen la recerca mitjançant subvencions a universitats, centres de recerca i centres tecnològics, generalment en forma de projectes competitius. Alguns d'aquests fons també cofinancen projectes col·laboratius publicoprivats. La seguretat alimentària i la lluita contra el frau s'inclouen entre els objectius europeus i nacionals; en particular, l'actual pressupost de la UE (2021-2027) reflecteix entre les seves prioritats la millora l'eficàcia, l'eficiència i la fiabilitat dels controls oficials al llarg de la cadena alimentària amb l'objectiu de garantir la correcta implementació i compliment de les normes de la UE en aquest àmbit [1].

En aquest sentit, els centres de recerca són experts en el funcionament i la gestió dels programes d'innovació tecnològica i de recerca estatal i euro-

pea, de manera que les aliances entre laboratoris de control i l'acadèmia pot contribuir a apropar-los als laboratoris de control.

01.02 Transmissió de coneixement

La transferència de coneixement, entesa com la transmissió del coneixement científic i tecnològic generat a les universitats cap al sector productiu i administratiu, és enriquidora per a les parts implicades i per tant beneficiós per a la societat, a qui es dirigeixen els resultats d'aquestes interaccions. Juntament amb les activitats acadèmiques i a la recerca, la transferència és part integrant de la missió de les universitats. Per aquesta raó, el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023* fixa entre els seus objectius facilitar la transferència de coneixement i incrementar les capacitats de divulgació i comunicació de l'R+D+I a la societat.

La transmissió del coneixement científic i tecnològic generat a les universitats cap al sector productiu i administratiu és enriquidora per a les parts implicades i, per tant, beneficiós per a la societat.

En el cas de les aliances entre laboratoris de control i centres de recerca, aquesta transferència aconseguix augmentar el valor dels resultats de la recerca dotant-los d'aplicació pràctica i pot representar una font important d'innovacions i de millora de les prestacions dels laboratoris. A diferència de la transferència de coneixement entre universitat i empresa, caracteritzada per activitats R+D contractades, llicència de patents i altres objectes de propietat intel·lectual vinculada a una cadena de valor, la transferència en-

tre l'acadèmia i els òrgans de control públics s'enfoca cap a activitats d'interès públic. Aquesta es pot regir per convenis de col·laboració com el que es va signar el 2016 entre la Universitat de Barcelona, mitjançant el Campus de l'Alimentació de Torribera, i el Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya, enfocat tant a activitat d'assessorament com a activitat de col·laboració entre la Universitat i el Laboratori Agroalimentari en projectes estratègics i en cooperació en la docència. Aquest conveni sorgeix de les col·laboracions que històricament el Laboratori Agroalimentari havia dut a terme amb la Universitat de Barcelona, mitjançant la Facultat de Farmàcia i de la Facultat de Química.

Entre les diferents àrees d'actuació, la cooperació educativa entre aquestes entitats pot tenir un retorn important en la societat. D'una banda, el fet que s'estableixin programes de pràctiques externes i que s'ofereixin places a estudiants per realitzar treballs de fi de grau o màster en diferents unitats del Laboratori Agroalimentari, permeten als estudiants aplicar els coneixements teòrics i pràctics continguts en els plans d'estudis i contribueixen a completar-ne la formació perquè puguin incorporar-se al món laboral en el sector agroalimentari amb més possibilitats d'èxit. L'adquisició d'habilitats professionals mitjançant la combinació de la seva formació acadèmica i la pràctica professional representa una millora de la capacitat formativa i facilita la inserció laboral dels estudiants. D'altra banda, les tasques desenvolupades pels estudiants durant el programa de pràctiques són sovint d'interès per al Laboratori, que, en aquest context, pot disposar de persones formades i amb la dedicació suficient per abordar activitats d'innovació que no serien compatibles amb les activitats de rutina. Aquests estudiants, a més, disposen del suport científic dels tutors acadèmics, que poden ajudar en aspectes tècnics específics.



Workshop Oli d'oliva 2019 . Foto: LibiFoodD.

La transmissió de coneixement també abasta activitats de divulgació de coneixement orientades als sectors productius, a la comunitat científica i al consumidor general. En aquest àmbit, el Laboratori Agroalimentari ha participat assíduament en activitats organitzades pel Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia, com són les diverses edicions del Workshop de l'oli d'oliva (2015-2019):

- L'univers de l'oli d'oliva (2015)
- Els esterols en l'oli d'oliva. Situació actual, valors límit i casos atípics. Com gestionem la diversitat? (2016)
- Anàlisi sensorial de l'oli d'oliva: situació actual i nous reptes (2017)
- Autenticitat i control de l'oli d'oliva, situació actual i nous enfocaments (2019)
- Jornada tècnica sobre la mel catalana, organitzada en l'àmbit d'un grup operatiu: Valorització de la mel catalana (2016)

Aquestes jornades estaven enfocades a aspectes de regulació d'aquests aliments i a la difusió dels avenços analítics per determinar-ne la qualitat i l'autenticitat. En aquestes jornades tècniques, la sinergia entre els organismes de control, el sector productiu i la recerca en el camp del control analític ha permès definir la situació actual del control d'aquests productes, identificar els seus punts forts i les mancances que constitueixen els nous reptes, i també proposar possibles solucions analítiques.

Un altre aspecte destacable és la importància de la formació dels tècnics de laboratori en tècniques analítiques d'avantguarda, per tal de garantir la constant actualització dels sistemes de control agroalimentari. L'acadèmia juga un paper fonamental en aquest tipus de formació. En aquest sentit, el Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica de la Universitat de Barcelona imparteix diversos cursos enfocats a la incorporació dels últims avenços tecnològics en els actuals enfocaments metodològics, alguns dels quals es mencionen a continuació:

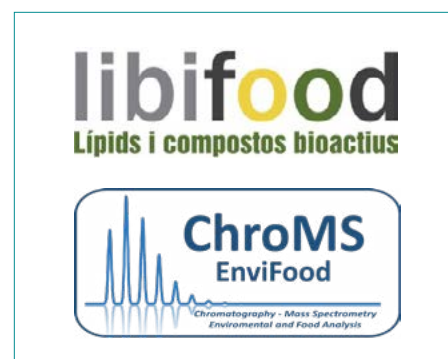
- Confirmació de residus de productes fitosanitaris i zosanitaris (2003)
- Espectrometria de masses. Alternatives analítiques al control de frauds: integritat i autenticitat (2017)
- Fonaments d'espectrometria de masses: GC-MS, LC-MS, MALDI-MS
- Resolució de problemes en espectrometria de masses (2018)
- Alta resolució en espectrometria de masses: mobilitat iònica i fonts de ionització Ambient (2021)

02. Grups de recerca

Dins del Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica i del Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia, les principals col·laboracions amb el Laboratori Agroalimentari han estat protagonitzades pels grups de recerca de Cromatografia i Espectrometria de Masses: Anàlisi me-

La transferència de coneixement entre l'acadèmia i els laboratoris de control es duu a terme mitjançant el suport en el desenvolupament analític, l'organització d'activitats de divulgació i de formació del personal.

diambiental i alimentària (ChroMS-EnviFood) i de Lípids i Compostos Bioactius dels Aliments (LiBiFoodD).



Logos LiBiFoodD i ChroMS EnviFood. Font: LiBiFoodD i ChroMS-EnviFood

El Grup de Cromatografia i Espectrometria de Masses: Anàlisi mediambiental i alimentària (ChroMS-EnviFood), antic Grup de Recerca Química Analítica-Anàlisi de Contaminants, és un grup de recerca consolidat reconegut per la Generalitat de Catalunya (2017SGR0310), amb una gran experiència en el desenvolupament de metodologies analítiques per a la determinació i caracterització de microcontaminants orgànics en mostres ambientals i alimentàries. Aquestes metodologies aprofiten la selectivitat i sensibilitat que proporcionen les tècniques cromatogràfiques i l'espectrometria de masses. Les línies de recerca estan focalitzades en l'estudi de (i) la presència, degradació i transformació de contaminants orgànics en el medi ambient, (ii) la determinació de conta-

minants i adulterants en aliments per a la detecció d'alertes de seguretat i fraus alimentaris, (iii) estudi i aplicació del nous avanços en tècniques cromatogràfiques i espectrometria de masses per a la resolució de problemes mediambientals i alimentaris. El grup de recerca ha rebut finançament de manera continuada en convocatòries de projectes competitiu del Plan Nacional de I+D+i, ha liderat projectes d'infraestructures per l'adquisició d'instrumentació d'espectròmetres de masses d'elevades prestacions, ha participat en diversos projectes europeus relacionats amb el desenvolupament de nanoabsorbents per a la remediació mediambiental i amb l'estudi de contaminants orgànics generats en aliments tèrmicament processats. El grup també fa activitats d'assessorament i col·laboració amb empreses i institucions públiques, així com de transferència tecnològica mitjançant diversos doctorats industrials finançats per la Generalitat de Catalunya. Finalment, cal indicar que els membres d'aquest grup mantenen una estreta relació amb societats científiques, com reflecteix el fet que dos d'ells hagin estat presidents de les societats espanyoles de Cromatografia i Tècniques Afins (SECyTA) i d'Espectrometria de Masses (SEEM).

El Laboratori Agroalimentari col·labora activament amb els grups de recerca de ChromS-EnviFood i LiBiFood, consolidats i reconeguts per la Generalitat de Catalunya.

El grup LiBiFood és un grup de recerca consolidat reconegut per la Generalitat de Catalunya (2017SGR1269), amb una llarga experiència en l'estudi de la qualitat i autenticitat dels aliments, en particular relacionada amb



Sala de cromatografia del Campus de l'Alimentació de Torribera, on desenvolupa la seva recerca el grup LiBiFood. Foto: LiBiFood.

la seva fracció lipídica. Les seves línies de recerca comprenen (i) l'autenticació d'aliments, amb la utilització de tècniques lipídiques i quimiometria, (ii) l'estudi de l'oxidació, estabilitat i qualitat dels aliments, en concret (iii) l'estudi de l'oli d'oliva i dels factors que influeixen en la seva composició, perfil sensorial i qualitat, i (iv) la influència de l'ús de greixos en alimentació animal sobre la qualitat i seguretat dels aliments. El grup ha rebut finançament de manera continuada en diverses convocatòries de projectes competitiu i, entre els projectes més recents, destaca el projecte europeu del programa Horizon 2020 OLEUM-Advanced solutions for assuring the overall authenticity and quality of olive oil (OLEUM), el projecte del Plan Nacional de I+D+i, TRACENUTS-Desarrollo de herramientas de detección de fraudes en frutos secos españoles con alto riesgo de falsificación, i diversos projectes regionals, entre els quals que destaca el projecte Autenfood: Autenticació, traçabilitat i seguretat alimentària, en el marc de RIS3CAT-Estratègia de recerca i innovació per a l'especialització intel·ligent de Catalunya, finançat per ACCIÓ- Agencia per la competitivitat de l'empresa. El grup també fa activitats d'assessorament i col·laboració amb empreses; en el marc d'aquestes activitats de transferència tecnològica ha dut a terme un doctorat industrial, parcialment finançat per la Generalitat de Catalunya.

03. Tècniques analítiques emergents

Els laboratoris analítics de control s'han d'enfrontar a una gran varietat i complexitat de matrius alimentàries, un elevat nombre de compostos a monitorar que generalment són presents en concentracions molt baixes en matrius molt complexes. A més, la llista de nous compostos que s'haurien de controlar creix contínuament (desenvolupament de nous productes, generació de subproductes de transformació en els processos de producció, contaminacions que es puguin produir durant la producció, el transport i/o l'emmagatzematge, etc.) i les alertes alimentàries demanen l'obtenció urgent de resultats. Per aquestes raons, es fa necessari que els laboratoris de control disposin d'estratègies d'anàlisi eficaces, ràpides, sensibles i selectives per fer front a aquests reptes. Avui dia, les metodologies basades en tècniques cromatogràfiques i d'espectrometria de masses, juntament amb estratègies d'anàlisi de dades, s'han integrat de manera plena i indispensable en els protocols de treball dels laboratoris analítics de control agroalimentari.

El gran abast de tècniques analítiques que hi ha disponibles actualment són fàcilment accessibles per als laboratoris de control agroalimentari. Encara que hi ha multitud de mètodes es-

pectoscòpics, electroquímics o fins i tot d'immunoassaig que permeten el control d'un gran nombre de compostos majoritaris i minoritaris en mostres agroalimentàries, la determinació selectiva i confirmatòria de contaminants agroalimentaris a concentracions molt baixes, la identificació de nous compostos que es van incorporant a la cadena alimentària i la detecció de frauds alimentaris requereixen el potencial que proporciona la combinació de les tècniques cromatogràfiques amb l'espectrometria de masses.

03.01 Tècniques cromatogràfiques acoblades a espectrometria de masses

Els avanços en tècniques cromatogràfiques fins ara han permès assolir separacions molt eficients mitjançant columnes capil·lars en cromatografia de gasos (*high-resolution gas chromatography*, HRGC) i columnes reblertes amb partícules de menys de 2µm en cromatografia de líquids (*ultra-high performance liquid chromatography*, UHPLC). Per exemple, la separació cromatogràfica de 23 pesticides organoclorats [2] i la de residus d'etoxiquina i dels seus productes de transformació en el control de la producció de pinsos en Catalunya [3] ha estat possible mitjançant l'HRGC. Tanma-

teix, l'HRGC va permetre desenvolupar mètodes instrumentals basats en la fracció volàtil i semivolàtil de l'oli d'oliva verge, tant per a la seva classificació comercial [4], com per a la verificació del seu origen geogràfic i varietal [5-6]. En canvi, la UHPLC ha possibilitat la determinació de pigments (carotenoides, clorofil·les, etc.) i colorants cúprics (E-141i) [7-8] per a la detecció de frauds en olis d'oliva verge, així com per l'anàlisi exhaustiu de la fracció fenòlica d'aquest producte [9]. També va permetre analitzar plastificants com el BPA i els compostos relacionats en aliments degut a la migració d'aquestes substàncies des dels envasos [10]. A més, els avenços en el desenvolupament d'innovadores fases estacionàries ha millorat la selectivitat i resolució de les separacions cromatogràfiques i ha ofert selectivitats alternatives a les columnes de C18 comunament emprades. Avui dia, les columnes amb fases estacionàries fluorades, fenil-hexil, zwitteriòniques o fins i tot les columnes de interacció hidrofílica (*HILIC*, *Hydrophilic Interaction Chromatography*), han fet possible les separacions cromatogràfiques de multitud de famílies de compostos (des de compostos relativament no polars fins a les substàncies més polars i iòniques) [11-12]. Però aquestes millores també han fet possible reduir significativament el temps

d'anàlisi i aconseguir la determinació d'un nombre significativament gran de compostos objectiu en un temps relativament curt, la qual cosa ha ajudat a millorar la productivitat dels laboratoris de control agroalimentari.

Els avenços en tècniques cromatogràfiques han suposat millores en la separació dels diferents anàlits i la seva detecció, i són les tècniques d'elecció en moltes de les determinacions requerides en el control oficial agroalimentari.

L'acoblament d'aquests sistemes cromatogràfics a instruments d'espectrometria de masses proporcionen eines analítiques de gran selectivitat i sensibilitat, especialment necessàries per a la determinació de contaminants a baix nivell de concentració immersos en matrius agroalimentàries complexes. Però la característica més avantatjosa d'aquestes tècniques acoblades enfront d'altres tècniques



Laboratori de LC-MS/MS a la UB (grup de recerca de "ChroMS-EnviFood").
Foto: ChroMS-EnviFood.



Font de ionització d'electrosprai i espectròmetre de masses de trampa de ions.
Foto: ChroMS-EnviFood.

La detecció per espectrometria de masses és molt sensible i específica, característiques especialment necessàries per a la determinació de contaminants a baixos nivells de concentració en matrius agroalimentàries complexes.

analítiques més clàssiques és la capacitat de proporcionar una identificació inequívoca basada tant en reproductibilitat de les mesures de temps de retenció com en la selectivitat i capacitat de proporcionar informació estructural (espectres de masses) dels anàlits per a la seva caracterització. Aquests aspectes són de gran rellevància en les metodologies analítiques actuals, ja que avui dia la capacitat d'identificació i caracterització s'ha tornat un requisit indispensable en l'anàlisi de compostos orgànics, i els requeriments administratius demanen evidències per a la confirmació de la presència dels compostos detectats en les mostres positives. D'altra banda, la selectivitat basada en la composició i estructura química que proporciona l'espectrometria de masses permet fer front a les interferències que freqüentment es produeixen en les complexes mostres alimentàries, però a la vegada també fa possible reduir i simplificar els llargs i tediosos tractaments de les mostres abans de la determinació analítica (GC-MS o LC-MS), ja que aquesta etapa sol ser el coll d'ampolla de molts laboratoris de control alimentari.

03.02 Espectrometria de masses i tècniques de ionització

En l'acoblament de la cromatografia de gasos i de la cromatografia de líquids a l'espectrometria de masses (GC-MS i LC-MS, respectivament), els

compostos eluïts de la columna cromatogràfica són transformats en ions en fase gas a la font de ionització i transportats per camps elèctrics dins de l'analitzador de masses, on són separats en funció de la seva relació massa/càrrega (m/z) i posteriorment enviats ordenament (de menor a més gran m/z) al sistema de detecció. Per tant, l'etapa de ionització esdevé un pas primordial per aconseguir la màxima intensitat del senyal (producció de ions) i del tipus de ions generats. En l'acoblament GC-MS, les tècniques de ionització emprades generalment, com ara la ionització electrònica (EI) i la ionització química (CI), operen a alt buit. L'EI és una tècnica de ionització dura on les molècules neutres que elueixen de la columna interaccionen amb un feix d'electrons (70 eV) i es produeix una transferència d'energia i la generació dels ions moleculars $[M]^+$. L'excés d'energia que pot romandre a l'ió molecular després de la ionització pot provocar la desestabilització dels enllaços més febles a la molècula i la formació de ions fragment. Aquesta fragmentació sol ser molt característica i reproduïble, i la base de les llibreries d'espectres d'EI que han estat i continuen sent un referent per a la identificació de moltes substàncies analitzades per GC-MS [2,13]. Tanmateix, alguns compostos pateixen una fragmentació elevada i l'ió molecular desapareix completament de l'espectre de masses. Aquest fet comporta un problema en el procés d'identificació de la molècula, ja que l'ió molecular és el que proporciona la informació de composició elemental del compost a identificar. Per aquesta raó, per a algunes famílies de compostos es proposa la utilització de la ionització química que és una tècnica més suau, transfeix menys energia a la molècula i evita així la seva fragmentació excessiva. En la ionització química en mode positiu (CI, *chemical ionization*), a més de l'eluent cromatogràfic, en la cambra de ionització també s'introdueix un gas reactiu (metà, metanol, amoníac, etc.) que interacciona amb un feix d'elec-

trons (~12 eV) per generar ions en fase gas que interaccionaran amb les molècules neutres d'anàlits en fase gas per tal de protonar-les o formar alguns ions adductes.

També és molt útil la ionització química en mode negatiu (NICI, *negative ions chemical ionization*), especialment per als compostos amb grups funcionals molt electronegatius, ja que poden capturar els electrons d'un feix de baixa energia (0-2 eV) i afavorir els mecanismes de transferència de càrrega amb les espècies iòniques generades amb els gasos reactius.

Per contra, l'acoblament de la cromatografia de líquids a l'espectrometria de masses no ha estat possible fins al desenvolupament de les fonts de ionització a pressió atmosfèrica com l'electrosprai (ESI) i la ionització química a pressió atmosfèrica (APCI). Aquestes tècniques de ionització permeten generar ions en fase gas a partir de les molècules (neutres o ionitzades) presents en la fase líquida. A l'ESI, s'aplica un potencial elevat al capil·lar de l'eluent cromatogràfic a pressió atmosfèrica. Aquest potencial elevat provoca la generació de gotes carregades per acumulació dels ions (positius o negatius) en l'extrem d'aquest capil·lar. La dessolvatació de les gotes carregades, mitjançant un gas de nebulització i temperatura, afavoreix que els ions dins de les gotes carregades siguin transportats a la fase gas. Aquesta tècnica permet la generació de ions (monocarregats o múltiples carregats) a partir d'anàlits poc o molt poc volàtils que presenten masses en un gran interval de valors (des de ions petits fins a macromolècules). L'ESI és una tècnica de ionització tova on s'afavoreix principalment la formació de les molècules protonades (mode positiu) o desprotonades (mode negatiu) i/o la formació de ions adductes amb els ions sodi, potassi, amoni, acetat, formiat, etc. Actualment, l'ESI és la tècnica d'elecció en multitud de metodologies analítiques basades en

LC-MS [10-11]. Però els compostos amb grups funcionals que no són fàcilment protonables o desprotonables en fase líquida no solen donar una bona resposta amb ESI. A més, quan es treballa amb ESI sempre s'han de tenir en compte els efectes de supressió (o de millorar) de la ionització a causa dels processos competitius que tenen lloc durant la ionització i que són provocats principalment per la coelució d'anàlits o l'elució d'altres substàncies presents en les matrius complexes dels extractes agroalimentaris, i es fa necessari l'ús d'estratègies per corregir aquests efectes adversos durant l'anàlisi quantitativa, com per exemple emprant la tècnica de *matrix-matched calibration*. Darrerament, per resoldre aquests problemes amb l'ESI, s'està impulsant l'ús de tècniques de ionització a pressió atmosfèrica alternatives com ara la ionització química a pressió atmosfèrica (*APCI, atmospheric pressure chemical ionization*) i la fotoionització a pressió atmosfèrica (*APPI, atmospheric pressure photoionization*). Aquestes dues tècniques es basen en mecanismes de ionització en fase gas. Les molècules presents a l'efluent cromatogràfic són dessolvatades mitjançant l'assistència tèrmica i pneumàtica d'un gas de nebulització calent (400-500 °C). Posteriorment, les molècules en fase gas són ionitzades amb APCI emprant un elèctrode en forma d'agulla (elèctrode corona) on s'aplica un potencial elevat (3-6 kV) per emetre electrons que inicien una cascada de reaccions en fase gas que acaben per ionitzar els compostos eluïts de la columna de LC. En APPI, aquest elèctrode corona es substitueix per una làmpada de kriptó que emet fotons de 10 eV i que inicia les reaccions ió-molècula en fase gas. En aquest cas, també es sol emprar un dopant, que és un dissolvent que es fotoionitza fàcilment i que millora la resposta final dels anàlits. Aquestes dues tècniques són una bona alternativa quan es troben problemes importants amb l'ESI, ja que són capaços de ionitzar compostos difícilment ionitzables amb

ESI i alhora són menys susceptibles de patir efectes matrius en el procés de ionització, fet que facilita el procés de quantificació. Per exemple, s'han proposat mètodes basats en APCI per a la determinació de pigments naturals a l'oli d'oliva i de colorants azoics en espècies que donen millors resultats i són més avantatjosos per als laboratoris de control agroalimentari que els mètodes basats en l'ESI [7, 14]. En canvi, tant l'APCI com l'APPI donen només ions monocarregats i per tant no són tècniques adients per a l'anàlisi LC-MS de macromolècules com pèptids o proteïnes, les quals han de ser analitzades mitjançant l'ESI. Finalment, cal indicar que els darrers anys s'han dissenyat fons d'APCI i d'APPI per ser utilitzades a l'acoblament GC-MS i que estant sent una bona alternativa a la ionització química convencional. A més, aquestes tècniques de ionització a pressió atmosfèrica faciliten l'acoblament GC-MS amb instruments de darrera generació dissenyats inicialment per LC-MS, fet que obre la porta a noves aplicacions i a la millora de productivitat i reducció de costos dels laboratoris de control agroalimentari, ja que es poden dur a terme metodiques de LC-MS i de GC-MS en el mateix instrument. Per exemple, s'ha proposat un mètode de determinació de dioxines i furans per HRGC-Orbitrap emprant APPI, [15] que dona resultats similars al mètode de referència amb equips amb analitzadors de masses de sectors, fet que fa possible alternar els mètodes de LC-MS i de GC-MS en un mateix equip (Orbitrap) amb mínimes modificacions.

Aquestes metodologies basades en GC-MS i LC-MS, quan s'apliquen a mostres complexes, requereixen tractaments de mostra laboriosos previs a les determinacions cromatogràfiques generalment llargues, la qual cosa pot afectar negativament la productivitat dels laboratoris de control agroalimentari. La darrera dècada, s'estan introduint en el camp de l'anàlisi agroalimentari un grup de noves tècniques

Els acoblaments entre els sistemes cromatogràfics o fonts de ionització Ambient i els instruments d'espectrometria de masses han evolucionat de manera molt ràpida els últims anys per poder donar resposta als nous reptes analítics.

de ionització anomenades *Ambient Ionization Mass Spectrometry (AIMS)*. Aquestes tècniques permeten ionitzar a pressió atmosfèrica els compostos a la superfície d'una mostra sense necessitat de cap tractament de mostra i/o separació cromatogràfica, i duen a terme l'anàlisi en pocs segons. La desorció per electroesprai (DESI) i el *direct analysis in real time (DART)* són les dues tècniques pioneres en aquest camp, [16] i actualment han portat al desenvolupament d'un gran nombre de noves tècniques AIMS, moltes de les quals de fàcil implementació en laboratoris que ja treballen amb equips de LC-MS. El grup de la UB (ChroMS-EnviFood), en col·laboració amb el Laboratori Agroalimentari de Cabriels, ha desenvolupat mètodes per a la detecció ràpida de drogues veterinàries en pinsos i d'adulterants en productes fitosanitaris emprant la DESI acoblada a l'HRMS, [17-18] que permeten la detecció ràpida de les mostres positives. Degut als avantatges que presenten aquestes tècniques avantguardistes per a la productivitat dels laboratoris, és possible que comencem a veure-les amb molta més freqüència en un futur molt proper.

03.03 Analitzadors de masses de baixa i alta resolució

Pel que fa als analitzadors de masses, la tònica general fins ara ha estat l'ús de sistemes d'espectrometria de mas-

ses de baixa resolució amb capacitat de dur a terme experiments d'espectrometria de masses en tàndem (triples quadrupols i trampes de ions) per identificar i quantificar de forma robusta i fiable compostos objectiu (*target analysis*).

Avui dia, molts mètodes oficials incorporen aquestes tecnologies, ja que permeten la determinació d'anàlits a molt baixes concentracions en mostres molt complexes amb la garantia d'una identificació quasi inequívoca. Per contra, el monitoratge de determinats compostos requereix l'ús de sistemes d'alta resolució (sectors, temps de vol (TOF) o Orbitraps) per fer front a interferències isobàriques (compostos que generen ions amb relació m/z molt similars als anàlits) i millorar la selectivitat per tal de disminuir el nombre de falsos positius. La majoria de les metodologies de baixa resolució es basen en estratègies d'anàlisi dirigides a fi de gaudir de la màxima sensibilitat. Així, els analitzadors de masses solen operar en modes d'adquisició selectiva de ions que són característics dels anàlits objectiu (SIM, selected ion monitoring), generalment en GC-MS amb analitzadors quadrupolars. Així, en GC-MS amb EI es generen un nombre important de ions per cada compost, que fan possible el monitoratge d'almenys tres ions característics útils tant per la determinació quantitativa com per la confirmació a nivells de concentració prou baixos en matrius agroalimentàries complexes [3]. D'altra banda, per tal de reduir el soroll de fons en GC-MS amb EI, les fonts toves de ionització emprades en LC-MS i GC-MS requereixen la complementarietat de l'espectrometria de masses en tàndem (MS/MS), generalment amb sistemes híbrids de triple quadrupol (QqQ), per tal de reduir el soroll de fons i garantir la confirmació amb un nombre suficient de ions característics [2-7]. En MS/MS a un QqQ, els ions precursors generats a la font de ionització són aïllats en el primer quadrupol i enviats a la cel·la de col·lisió (generalment un

segon quadrupol), on són fragmentats per col·lisió induïda mitjançant un gas inert (He, Ar, N₂) i aplicant una energia de col·lisió. Els ions producte generats a la cel·la de col·lisió són analitzats al tercer quadrupol. El mode d'adquisició més freqüentment emprat és l'MRM (*multiple reaction monitoring*), on el primer i el tercer quadrupol permeten el pas només de ions d'una determinada relació m/z per cadascun dels anàlits d'interès i que s'anomenen transicions selectives "ió precursor-ió producte" (normalment 2). Aquests mètodes MS/MS han donat molt bon resultat fins ara per determinar un nombre elevat de compostos objectiu i per als quals es disposa d'un patró que permet determinar el temps de retenció i establir els ions característics a monitorar, així com obtenir corbes de calibratge per a l'anàlisi quantitativa [2, 7].

Aquestes estratègies metodològiques dirigides no permeten afrontar els nous reptes als quals s'ha d'enfrontar avui dia l'anàlisi agroalimentària, la detecció de compostos sospitosos i la identificació i caracterització de compostos desconeguts. En aquesta línia, els avenços metodològics s'han enfocats a utilitzar estratègies no dirigides per tal de detectar i identificar un nombre il·limitat de compostos en una mateixa anàlisi. Els analitzadors de masses d'alta resolució que operen en mode complet d'escombratge de ions amb elevada sensibilitat són avui dia la pedra angular per dur a terme aquest tipus d'anàlisi no dirigida. D'una banda, analitzadors de masses com els TOF i els Orbitraps s'han popularitzat tant en LC-MS com en GC-MS. Aquests sistemes proporcionen una mesura acurada de la massa dels ions detectats (fins a 4-5 decimals amb menys de 5 ppm d'exactitud en la mesura de la massa) i informació sobre la distribució isotòpica que permet assignar amb precisió la composició elemental dels ions detectats, etapa important per a l'elucidació estructural de compostos sospitosos i desconeguts. Fins i tot, l'aplicació directa d'ESI-MS amb ana-



LC-HRMS: Font de ionització química a pressió atmosfèrica (APCI) i espectròmetre de masses híbrid quadrupol-Orbitrap. Foto: ChromS-EnviFood.

Les diferents configuracions dels analitzadors de masses permeten respondre la pregunta de si un anàlit està en una mostra (*target analysis*) i també, en determinades configuracions (alta resolució), quins anàlits hi ha en una mostra (*untarget analysis*).

litzador Orbitrap ha permès obtenir, sense cap separació cromatogràfica prèvia, un perfil de triacilglicerols de l'oli d'oliva tan detallat que ha permès desenvolupar models d'autenticació a gran escala (més de 1.000 mostres) capaços de detectar fins al 2% i 5% d'adulterants alts en àcid linoleic (gira-sol, soja) o oleic (avellana, alvocat, gira-sol amb alt oleic) en menys de 2 minuts [19].

03.04 Mobilitat iònica

Tot i els importants avantatges que ofereix l'espectrometria de masses d'alta resolució, les mostres i barreges molt complexes poden presentar nous reptes que podrien dificultar les identificacions/caracteritzacions i augmentar el soroll de fons, com ara la presència de compostos interferents amb valors de m/z molt similars o idèntics (ions isobàrics) als anàlits d'interès, o fins i tot la coelució de compostos isomèrics.

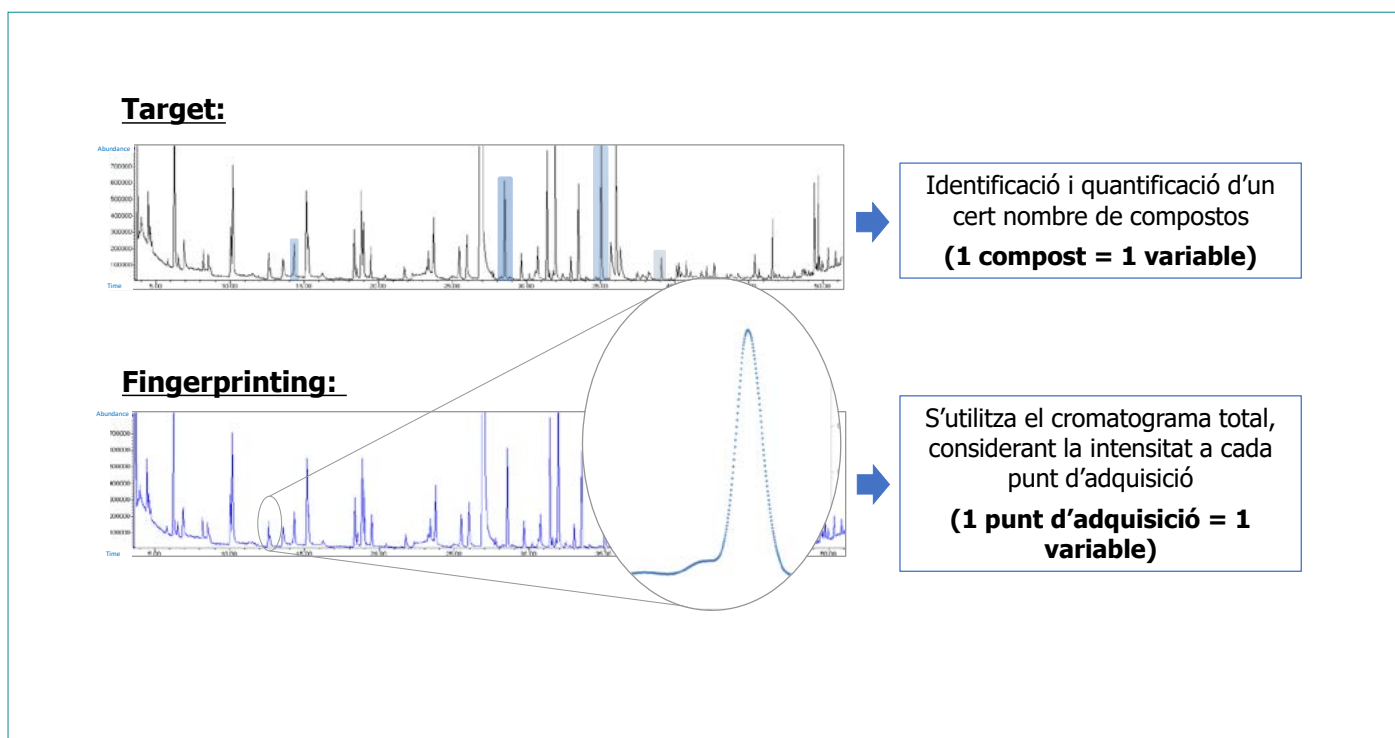
La mobilitat iònica permet diferenciar els ions segons la seva forma espacial a més de la seva massa i càrrega i proporcionar valors de CCS (*Cross Collisional Section*), que estan directament relacionats amb la tridimensionalitat de les molècules.

Afortunadament, la darrera dècada, els avenços tecnològics han fet realitat la utilització d'una nova eina, la mobilitat iònica, en el camp agroalimentari [20]. Aquesta instrumentació, generalment implementada en instruments híbrids del tipus Q-TOF, permet diferenciar els ions segons la seva forma espacial a més de la seva massa i càrrega, i proporcionar valors de CCS (*Cross Collisional Section*), que estan directament relacionats amb la tridimensionalitat de les molècules. En aquets dispositius, els ions entren en una cel·la de mobilitat iònica pressuritzada amb un gas inert on s'aplica un potencial. Els ions, en avançar per aquesta cel·la, arriben al sistema Q-TOF segons la seva aerodinàmica. Els ions més petits, amb menys càrrega i més compactes (plegats) arriben abans i els més grans, amb més càrregues i més desplegats, arriben més tard. El temps que triguen els ions a creuar la cel·la està directament relacionat amb la seva forma tridimensional, i aquests valors de temps es transformen en valors de CCS, els quals s'incorporen a les dades ob-

tingudes amb GC-HRMS/MS i amb LC-HRMS/MS (temps de retenció, ions precursors, ions producte), i les doten d'una dimensió addicional. Els cromatogrames i espectres de masses obtinguts amb aquesta tecnologia es poden filtrar emprant els valors específics de CCS, característics de cadascun dels compostos, cosa que fa possible millorar l'especificitat dels mètodes i reduir el soroll de fons per obtenir límits de detecció molt més baixos. La mobilitat iònica s'està emprant molt abastament en mètodes per a la autenticació i identificació de frauds en el camp agroalimentari [21].

03.05 Enfocaments analítics emergents: el marcatge (*fingerprinting*)

A més de les tècniques analítiques aplicades a la detecció, identificació i quantificació, la forma de processar les dades analítiques pot tenir un paper primordial en l'avaluació de la qualitat i l'autenticitat dels aliments. A diferència de les estratègies metodològiques tradicionals, basades en la determinació d'uns quants marcadors



Representació dels enfocaments target i fingerprinting per al tractament de dades. Font: LiBiFOOD i ChroMS-EnviFOOD.

i en la seva comparació amb valors de referència, estratègies innovadores com el *fingerprinting* es basen en el senyal analític brut proporcionat per tècniques espectroscòpiques o cromatogràfiques. Aquest enfocament fa ús d'eines quimiomètriques per trobar patrons específics per a una determinada classe d'aliment (segons la seva categoria comercial, origen, o altres trets distintius) i que puguin diferenciar-la d'aliments que no pertanyen a la mateixa categoria. A diferència de les metodologies convencionals, dirigides a un nombre limitat de compostos que poden resultar insuficients per a l'autenticació, el *fingerprinting* permet considerar una gran quantitat d'informació i fer possible distingir de manera més eficient mostres autèntiques, o amb un determinat grau de qualitat, de mostres no autèntiques. Per aquest motiu, el *fingerprinting* s'està aplicant amb èxit per a l'autenticació dels aliments. Concretament, el grup LiBiFood va obtenir resultats prometedors per a l'autenticació geogràfica i varietal d'aliments, per a la detecció d'adulteracions, així com per a l'avaluació de la qualitat sensorial d'olis d'oliva verges [4-6]. Tant és així que en l'àmbit del projecte OLEUM es van demostrar les elevades potencialitats del *fingerprinting* de la fracció volàtil de l'oli d'oliva verge com a mètode instrumental de suport al panell de tast [4]. Un dels reptes de les metodologies de *fingerprinting* és la seva validació, ja que cal proporcionar un senyal cromatogràfic repetible i reproducible, i els criteris convencionals adoptats per avaluar les prestacions dels mètodes target no són aplicables com a tals. Garantir la qualitat i la comparabilitat dels resultats analítics obtinguts per diferents laboratoris és una condició necessària per plantejar el mètode com una eina de control. Per aquest motiu, el *fingerprinting* de la fracció volàtil obtinguda per SPME (*Solid Phase Microextraction*) acoblada a GC-MS es va incloure en les activitats de validació interlaboratori del projecte OLEUM, en les quals ha

Les estratègies de *fingerprinting* poden fer possible distingir de manera eficient mostres autèntiques, o amb un determinat grau de qualitat, de mostres no autèntiques. S'estan aplicant amb èxit per a l'autenticació geogràfica i varietal d'aliments, per a la detecció d'adulteracions, i per a l'avaluació de la qualitat sensorial d'olis d'oliva verges.

participat extensament el Laboratori Agroalimentari. La implicació dels laboratoris d'anàlisi tant oficials, com el Laboratori Agroalimentari, com privats, va ser fonamental en l'èxit dels estudis de validació. L'estudi interlaboratori va implicar una etapa d'entrenament que va proporcionar noves competències als participants no experts en la tècnica analítica, i una etapa d'anàlisi de mostres problema. La retroacció dels mateixos participants i els resultats obtinguts han permès identificar algunes de les principals causes de variabilitat entre participants, així com explorar i proposar solucions de processament de dades per corregir algunes de les diferències observades entre senyals. Els resultats obtinguts representen un pas important en la validació de mètodes no convencionals com el *fingerprinting*, que serviran com a punt de partida per a futures investigacions. Tanmateix, els laboratoris han pogut incorporar a les seves competències algunes de les metodologies emergents desenvolupades en l'àmbit d'aquest projecte de recerca europeu, i demostrar la importància de la cooperació entre l'acadèmia i els laboratoris de control.

Per saber-ne més

1. https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/future-food-safety-budget-and-policy/food-safety-future-eu-budget-2021-2027_en
2. SÁNCHEZ COSTA, L., RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, P., MEDINA SALA, M. (2018) "Determination of 23 organochlorine pesticides in animal feeds by GC-MS/MS after QuEChERS with EM-R-lipid clean-up". *Analytical Methods*, vol. 10, 5171-5180
3. SÁNCHEZ COSTA, L., PUJOL BOIRA, J., ARAGÓ IGLESIAS, M., RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, P., MIREIA SALA, M. (2020) "Analysis of ethoxyquin residues in animal feed using QuEChERS and gas chromatography tandem mass spectrometry and its results from Catalan production 2018-2019". *Analytical Methods*, vol. 12, 4080-4088
4. QUINTANILLA-CASAS, B., MARIN, M., GUARDIOLA, F., GARCÍA-GONZÁLEZ D. L., BARBIERI, S., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., VICHI, S., TRES, A. (2020) "Supporting the Sensory Panel to Grade Virgin Olive Oils: An In-House-Validated Screening Tool by Volatile Fingerprinting and Chemometrics". *Food*, vol. 9, 1509
5. QUINTANILLA-CASAS, B., TORRES-COBOS, B., GUARDIOLA, F., SERVILI, M., ALONSO-SALCES, R.M., VALLI, E., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., VICHI, S., TRES, A. (2022) "Geographical authentication of virgin olive oil by GC-MS sesquiterpene hydrocarbon fingerprint: Verifying EU and single country label-declaration". *Food Chemistry*, vol. 378, 132104.
6. TORRES-COBOS, B., QUINTANILLA-CASAS, B., ROMERO, A., NINOT, A., ALONSO-SALCES, R.M., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., GUARDIOLA, F., TRES, A., VICHI, S. (2021) "Varietal authentication of virgin olive oil: Proving the efficiency of sesquiterpene finger-

- printing for Mediterranean Arbequina oils". *Food Control*, vol. 128, 108200
7. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., RODRÍGUEZ, P., MIREIA M., SANTOS F.J., MOYANO, E. (2019) "Simultaneous analysis of natural pigments and E-141i in olive oils by liquid chromatography-tandem mass spectrometry". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 411, 5577-5591
8. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., RODRÍGUEZ, P., MIREIA M., SANTOS F.J., MOYANO, E. (2020) "Pigment profiles of Spanish extra virgin olive oils by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry". *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, vol. 37, 1075-1086
9. VICHI, S., CORTÉS-FRANCISCO, N., CAIXACH, J. (2013) "Insight into virgin olive oil secoiridoids characterization by high-resolution mass spectrometry and accurate mass measurements". *Journal of Chromatography A*, vol. 1301, 48-59
10. GALLART-AYALA, H., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2011) "Analysis of bisphenols in soft drinks by on-line solid phase extraction fast liquid chromatography-tandem mass spectrometry". *Analytica Chimica Acta*, vol. 683, 227-233
11. ESPARZA, X., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2009) "Analysis of chloromequat and mepiquat by hydrophilic interaction chromatography coupled to tandem mass spectrometry in food samples". *Journal of Chromatography A*, vol. 1216, 4402-4406
12. ALECHAGA, É., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2014) "Mixed-mode liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry for the analysis of aminoglycosides in meat". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 406, 4941-4953
13. BACCOLO, G., QUINTANILLA-CASAS, B., VICHI, S., AUGUSTIJN, D., BRO, R. (2021) "From untargeted chemical profiling to peak tables - A fully automated AI driven approach to untargeted GC-MS". *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, vol. 145, 116451
14. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., EPIGMENIO-CHAMÚ, S., SANTOS, F.J., MOYANO, E. (2021) "Determination of banned dyes in red spices by ultra-high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure ionization-tandem mass spectrometry". *Analytica Chimica Acta*, vol. 1164, 338519
15. AYALA-CABRER, J.F., ÁBALOS, M., ABAD, E., MOYANO, E., SANTOS, F.J. (2020) "Feasibility of gas chromatography-atmospheric pressure photoionization-high-resolution mass spectrometry for the analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in environmental and feed samples". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 412, 3703-3716
16. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., AYALA-CABRERA, J.F., SERÓ, R., SANTOS, F.J., MOYANO, E. (2020) "Ambient ionization mass spectrometry in food analysis". *Capítol del llibre Food Toxicology and Forensics* 271-312
17. SERÓ, R., NÚÑEZ, O., BOSCH, J., GRASES, J.M., RODRÍGUEZ, P., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2015) "Desorption electrospray ionization-high resolution mass spectrometry for the screening of veterinary drugs in cross-contaminated feedstuffs". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 407, 7369-7378
18. SERÓ, R., VIDAL, M., BOSCH, J., RODRÍGUEZ, P., GALCERAN, M.T., MOYANO, E. (2019) "Desorption electrospray ionization-high resolution mass spectrometry for the analysis of unknown materials: The phytosanitary product case". *Talanta*, vol. 194, 350-356
19. QUINTANILLA-CASAS, B., STROCCHI, G., BUSTAMANTE, J., TORRES-COBOS, B., GUARDIOLA, F., SERVILI, M., MOREDA, W., MARTÍNEZ-RIVAS, J.M., VALLI, E., BENDINI A., GALLINA TOSCHI, T., TRES, A., VICHI, S. (2021) "Large-scale evaluation of shotgun triacylglycerol profiling for the fast detection of olive oil adulteration". *Food Control*, vol. 123, 107851
20. KAUFMANN, A. (2020) "The use of UHPLC, IMS, and HRMS in multiresidue analytical methods: A critical review". *Journal of Chromatography B*, vol. 1158, 122369
21. FISHER, C.M., CROLEY, T.R., KNOLHOFF, A.M. (2021) "Data processing strategies for non-targeted analysis of foods using liquid chromatography/high-resolution mass spectrometry". *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, vol. 136, 116188

Autoria



Dra. Encarnación Moyano Morcillo

Catedràtica
Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica
Universitat de Barcelona. Grup de recerca ChromS-EnviFood
encarna.moyano@ub.edu



Dra. Stefania Vichi

Professora agregada.
Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia, Universitat de Barcelona. Grup de recerca LiBiFood
stefaniavichi@ub.edu

REPTES DE FUTUR

01. Introducció

La reglamentació europea estableix un marc harmonitzat per a l'organització dels controls oficials en tota la cadena agroalimentària. S'exigeix a les autoritats competents que comprovin que els operadors compleixen les normes de la Unió Europea (UE) i que els aliments compleixen els requisits específics. Els laboratoris de control oficial agroalimentari, com a engranatge de la cadena de control, estem obligats a treballar sota acreditació segons norma UNE-EN ISO/IEC 17025. L'objectiu d'aquesta acreditació és donar confiança: cal assegurar que els nostres resultats són vàlids i que som competents tècnicament, és a dir, no només hem de treballar bé sinó que ho hem de demostrar.

Cal assegurar que els resultats dels laboratoris de control oficial són vàlids i que som competents tècnicament, és a dir, no només hem de treballar bé sinó que ho hem de demostrar.

El control oficial agroalimentari engloba tant la seguretat com la qualitat dels aliments i tant per a consum humà com per a consum animal. Els laboratoris oficials, segons el departament al qual pertanyem i la distribució de competències, tenim una o altra orientació més o menys desenvolupada. Malgrat això, els laboratoris oficials estem molt vinculats i tenim reptes comuns, amb l'objectiu de ser una eina útil als cosos d'inspecció en la recerca de subs-

tàncies prohibides o indesitjables en l'alimentació humana o animal i en la lluita contra el frau agroalimentari. En definitiva, el propòsit final dels laboratoris és contribuir a garantir la qualitat i la seguretat dels aliments en tota la cadena alimentària. El nostre futur passa per una estratègia comuna.

En aquest article, identifiquem els reptes de futur del Laboratori Agroalimentari de Catalunya (LAC). Ho fem amb la visió interna des del Laboratori mateix i externa des del Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona, amb qui compartim funcions i objectius.

02. El context dels laboratoris de control oficial

Amb la mirada llarga en el context global, social i econòmic, veiem que el món està canviant molt de pressa. L'emergència climàtica, la globalització i la pandèmia causada pel coronavirus SARS-CoV-2 condicionen i condicionaran les polítiques de control agroalimentari. L'escalfament global ja afecta els sistemes de producció d'aliments a

escala local. La UE s'ha proposat com a objectiu ser el primer continent neutre pel que fa a l'emissió de CO₂. La mitigació i adaptació al canvi climàtic, la circularitat i sostenibilitat en el disseny de les polítiques de producció d'aliments, l'ús eficient dels recursos, la recerca, la innovació i la transferència tecnològica no són aliens als laboratoris de control agroalimentari.

La pandèmia i l'obtenció de vacunes contra el virus causant han posat de manifest que gràcies a la inversió en recerca i tecnologia es pot tenir capacitat de resposta i proporcionar solucions ràpides a problemes altament complexos. Això s'ha fet als laboratoris.

A causa de la globalització, és habitual al la presència al nostre mercat d'aliments produïts en una altra part del planeta, que han de complir l'estricta normativa europea per poder ser consumits. La tasca dels laboratoris és fonamental a l'hora d'establir nous mètodes d'anàlisi d'aquests aliments per assegurar-ne tant la innocuïtat com l'origen i/o autenticitat.



Procés d'anàlisi. Foto: LAC

La transformació mundial del sistema de producció d'aliments passa, en gran mesura, per l'obtenció de fonts de proteïna alternativa. Els insectes i les algues, com a matèries primeres i nova font de proteïna, contindran productes indesitjables que caldrà controlar; d'altra banda, hi ha problemes emergents, com la presència cada cop major de micotoxines en els pinsos i en els aliments originades per l'escalfament global del planeta. Paral·lelament, la reglamentació europea va disminuint els límits permessos de diverses substàncies com ara els plaguicides i els residus de medicaments veterinaris en els aliments per a animals.

Els nous hàbits alimentaris de la població impliquen l'increment de consum de productes ecològics, vegetarians i/o vegans. Les intoleràncies i les al·lèrgies alimentàries són cada vegada més freqüents i al mercat s'incrementa l'oferta de productes per a aquest tipus de consum. Així mateix, cal vigilar la substitució, la dilució, l'ocultació i l'ús de substàncies no autoritzades i dels productes fraudulents.

Tot plegat són alguns exemples dels múltiples temes a tenir en compte en el treball del laboratori de control oficial a l'hora de controlar la qualitat i la seguretat dels aliments.

Alhora, i malgrat la globalització, hem de considerar la dimensió del sistema alimentari català, el seu rol i el seu valor. Els seus objectius: ser sostenible, transformador i basat en la bioeconomia circular; propi i arrelat al territori; just equitatiu i cohesionat, i saludable i de confiança.

La pandèmia i l'obtenció de vacunes contra el coronavirus han posat de manifest que gràcies a la inversió en recerca i tecnologia es pot tenir capacitat de resposta i proporcionar solucions ràpides a problemes altament complexos. Això s'ha fet als laboratoris.

02.01 El context de treball intern

El Laboratori Agroalimentari, com a peça clau del control agroalimentari, i afectat també per l'emergència climàtica, ha d'extremar la gestió mediambiental. El control dels consums energètics i la gestió dels residus de substàncies perilloses són un objectiu essencial i una prioritat. Per això, cal invertir en la infraestructura de l'edifici del Laboratori (el clima, la il·luminació, l'aïllament dels espais, el mobiliari de treball i l'emmagatzematge de reactius, materials i els seus residus). El Laboratori ha de disposar d'una infraestructura amb les màximes garanties de seguretat, eficiència i respecte envers el medi ambient.

El desenvolupament de la instrumentació en els últims anys ha estat un dels puntals més forts del treball en el Laboratori en l'àmbit de l'anàlisi química. Des de l'acoblament de les tècniques de separació cromatogràfica a l'espectrometria de masses fins a aconseguir



Cromatògraf de gasos amb detector d'espectrometria de masses amb simple quadrupol. Foto: LAC



Processament de dades. Foto: LAC.

equips instrumentals de sobretaula, l'evolució del treball en el Laboratori ha estat notable. A banda de la instrumentació, particularment interessant ha estat el desenvolupament dels mètodes d'extracció genèrics dels compostos d'interès de manera ràpida, senzilla i econòmica, atès que no calen materials de preu elevat. Aquesta metodologia d'extracció genèrica, associada a l'ús de les noves tecnologies de separació i de detecció, és una eina molt potent a l'abast dels laboratoris públics.

Com a tecnologies de més recent desenvolupament, podem esmentar les tècniques cromatogràfiques d'alta eficàcia i l'espectrometria de masses, que ha evolucionat ràpidament en els últims anys, tant en el camp de la baixa resolució com de l'alta resolució. L'ús de l'espectrometria de masses d'alta resolució permet resoldre problemes analítics en què la baixa resolució mostra les seves limitacions, com, per exemple, en el cas de presència d'interferències isobàriques coeluent, que poden arribar a provocar errors en l'emissió de resultats de laboratori.

En l'àmbit de la microbiologia i de la biologia molecular, la pandèmia ha posat en relleu els mètodes per a la detecció i la confirmació de la presència del virus SARS-CoV2 en mostres d'origen humà. En comparació amb la situació prèvia a la pandèmia, la població té molts més coneixements sobre els mètodes d'immunocromatografia ("tests ràpids") i sobre el mètode PCR (Polimerasa Chain Reaction) per a la detecció de la presència del virus. Pel que fa a aquest últim, és el mètode cada cop més usat en el camp de l'anàlisi microbiològica com a screening per obtenir resultats ràpids i preveure els dels mètodes de cultiu, ja que el seu temps de resposta pot ser d'hores en comparació amb els mètodes oficials; aquest és el cas de l'anàlisi de legionel·la en mostres d'aigua, en què el mètode de cultiu requereix 10 dies, mentre que el mètode de PCR permet tenir resultats en hores. Tot i així, si el resultat de la PCR és positiu, igual-

ment caldrà finalitzar el mètode de cultiu, atès que és el mètode establert per al control oficial de legionel·la i permet obtenir el microorganisme aïllat, la qual cosa possibilita els estudis epidemiològics posteriors. La PCR és una tècnica que, en estar basada en la identificació d'una seqüència genòmica, proporciona alts nivells de sensibilitat i d'especificitat. Es tracta d'una tècnica molt útil en el camp dels patògens no cultivables, com és actualment el cas del norovirus.

Les tècniques moleculars permeten, a més, l'automatització de part del procés. En aquest sentit, s'observa que està guanyant terreny en els laboratoris oficials la presència d'extractors automatitzats que permeten agilitar tasques d'extracció dels àcids nucleics per a la detecció posterior de microorganismes. Una de les vies de futur de la tècnica PCR pot estar en la tècnica digital-PCR, que permet quantificar sense usar recta de patrons, la qual cosa permet guanyar temps d'anàlisi i abaratir costos de reactius.

Una altra possible línia de futur en el camp de la biologia molecular és l'aplicació de tècniques NGS (Next Generation Sequencing), que permeten en una única anàlisi d'una mostra la detecció de molts més microorganismes de manera simultània.

A banda de les tècniques moleculars, en el camp dels mètodes de cultiu també hi ha intents d'obtenir resultats de manera més ràpida i senzilla. Per exemple, a Catalunya ja s'ha implementat el mètode alternatiu per al control ràpid de la qualitat de les aigües de bany pel que fa a la presència de coliformes i *E. coli*. Alguns d'aquests mètodes ja s'han certificat com alternatius a normes ISO, de manera que ja es poden usar en el control oficial.

Un repte de futur per als laboratoris de control oficial és disposar de l'última tecnologia en el mercat a fi de ser capaços d'emetre resultats d'alta fiabilitat al més ràpidament possible.

Aquest últim punt està lligat a un dels pilars fonamentals del treball al laboratori, que és la necessitat de comptar amb personal altament qualificat i amb un elevat grau de coneixement de les tècniques d'anàlisi i de les matrius alimentàries. Per dur a terme la tasca del laboratori, el més important són les persones. Així, un altre repte de futur per als laboratoris és tant tenir la capacitat de contractar personal qualificat com retenir el personal ja format que hi aporta valor. Cal innovar en el model de contractació pública per ser capaços de contractar i mantenir el talent i el coneixement.



Robot per a l'extracció d'àcids nucleics. Foto: Agència de Salut Pública de Barcelona.

D'altra banda, cal remarcar que els laboratoris són avaluats periòdicament del seu compliment de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 mitjançant auditories internes i externes. El sistema estatal d'acreditació és força rígid i no està adaptat a la realitat canviant esmentada anteriorment. Per poder ser una eina útil en el control de la cadena alimentària, cal disposar d'un abast d'acreditació ampli i flexible que permeti emetre resultats sense haver de passar tot el procés establert i evitar buits en l'oferta acreditada dels laboratoris de control oficial.

A més, la capacitat de resposta dels laboratoris és una necessitat en el treball de rutina i en situacions urgents (accions dirigides, per sospita o per crisis alimentàries). Per això, és essencial disposar d'una plantilla ampla, estable i qualificada; d'equipament analític punter (eficient, sensible, precís i robust), i d'un abast d'acreditació obert i flexible. Cal estar a punt i preparats per a allò que se'ns demana i per a no comprometre l'eficàcia del control oficial.

Dur a terme estudis prospectius per identificar els possibles fraus i/o riscos emergents és una necessitat prèvia a l'establiment dels plans de control. Hem de conèixer quin és l'estat de l'art en aquest camp. Els laboratoris hem de col·laborar en l'impuls i la participació

d'aquest tipus de campanyes, desenvolupar metodologia i aportar informació clau per als organismes de control.

02.02 El context de treball extern

L'entorn canviant d'emergència climàtica, globalització i pandèmia que vivim ara mateix posa en relleu la necessitat de cooperar entre les diferents branques de l'Administració. Atès que el control agroalimentari és inabastable per a un sol laboratori, és necessària i evident l'especialització. Els laboratoris especialitzats optimitzen els recursos i rendibilitzen la feina; en definitiva, són més eficients. Per tant, els laboratoris especialitzats poden formar una xarxa que doni resposta ràpida als reptes del control alimentari i a les alertes alimentàries, en el marc de la Unió Europea, i a la lliure circulació de mercaderies entre països membres. Cal potenciar el treball i la col·laboració entre laboratoris per donar el màxim servei.

Així, el Laboratori Agroalimentari ha d'invertir en equipament d'anàlisi de darrera generació. Ha de poder aplicar, sense restriccions, les tècniques que marquen les recomanacions i la normativa comunitària, però també ha de fer un pas més. Ha de posicionar-se com a referent en l'àmbit de la seva competència, de la seva especialitat.

Els laboratoris de control oficial han de disposar d'una infraestructura amb les màximes garanties de seguretat, eficiència i respecte envers el medi ambient; de l'última tecnologia en el mercat, per a ser capaços d'emetre resultats d'alta fiabilitat tan aviat com sigui possible; de personal qualificat, per a la qual cosa cal innovar en el model de contractació pública, i d'un abast d'acreditació ampli i flexible, que permeti l'emissió de resultats sense haver de passar tot el procés establert i eviti buits en l'oferta acreditada. A més, cal estar a punt per a no comprometre l'eficàcia del control oficial i col·laborar en la identificació de fraus i/o riscos emergents, desenvolupar metodologia i aportar informació clau.



Cromatògraf de líquids acoblat a espectrometria de masses d'alta resolució (UHPLC-HRMS). Foto: Agència de Salut Pública de Barcelona

Si ens fixem en l'alimentació animal, Catalunya és molt important tenint en compte que és al capdavant de la producció de pinsos en l'àmbit estatal, i Espanya és el primer productor de pinsos compostos de la UE i el desè a escala mundial.

Els pinsos i les seves matèries primeres, les premescles i/o els additius (tecnològics, zootècnics, nutricionals, organolèptics, coccidiostàtics o histomonostàtics) tenen un univers molt ampli de compostos i substàncies a

Els laboratoris especialitzats optimitzen els recursos i rendibilitzen la seva feina. Cal potenciar el treball i la col·laboració entre laboratoris per donar el màxim servei. Un gran repte per al LAC seria esdevenir laboratori nacional de referència en l'àmbit dels pinsos i les seves matèries primeres. Treballar per a ser referents és fer el camí cap a l'excel·lència.

D'altra banda, un altre objectiu és la participació conjunta en estudis i projectes i la col·laboració en la formació de futurs professionals d'universitats i de centres tecnològics.

controlar, des de la seva composició als residus, ja siguin de medicaments (p. ex., antibiòtics), de plaguicides (LMR), de productes indesitjables (p. ex., micotoxines) o de contaminants (p. ex., metalls pesants). I també els microorganismes (p. ex., salmonel·la) i els organismes genèticament modificats.

Per tot això, un gran repte per al Laboratori seria esdevenir laboratori nacional de referència; en aquest cas, en l'àmbit dels pinsos i les seves matèries primeres.

Els laboratoris nacionals de referència, entre altres funcions, han de col·laborar amb els laboratoris de referència de la Unió Europea, participar en els cursos de formació i els assaigs interlaboratoris que organitzen i coordinar les activitats dels laboratoris oficials designats per harmonitzar i millorar

els mètodes d'anàlisi. El contacte amb els laboratoris europeus de referència permet una actualització contínua de la metodologia analítica i de les tècniques instrumentals i permet participar en l'elaboració de nova normativa europea. Així, treballar per a ser referents és fer el camí cap a l'excel·lència.

D'altra banda, els vincles amb les universitats i els centres tecnològics i de recerca s'han d'estrener. La participació conjunta en estudis i projectes i la col·laboració en la formació de futurs professionals (graus, màsters, doctorats) és un win-win. Difondre i divulgar la feina feta és essencial: cal publicar treballs i presentar-los assistint a esdeveniments científics; en resum, cal fer visible la tasca. Tot plegat ens ha de permetre obtenir recursos i coneixement i posicionar els laboratoris al màxim nivell.

03. Conclusions

Els reptes esmentats en el context descrit en aquest article es poden resumir en els punts següents:

- Tenir una infraestructura equipada, segura i respectuosa envers el medi.
- Disposar d'equips d'anàlisi eficients, sensibles i robusts, adaptats a les novetats tecnològiques del mercat.
- Comptar amb una plantilla suficient, estable i qualificada, i ser capaços d'atraure i de retenir el talent.
- Tenir la capacitat de resposta requerida als problemes emergents, i ser una eina útil per a les demandes dels cossos d'inspecció.
- Fomentar la visibilitat i la presència, per a la qual cosa cal estrener els vincles entre laboratoris i formar una xarxa operativa que inclogui universitats i centres de recerca.
- Tendir a l'especialització a través de la cooperació entre laboratoris i esdevenir referents.
- Disposar de l'acreditació sota l'empesa de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 amb un abast ampli i flexible, adequat a les necessitats del control alimentari.

Per saber-ne més

Laboratori Agroalimentari
<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/presentacio-laboratori-agroalimentari>

Norma UNE-EN ISO/IEC 17025
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0059467>

Reglament 625/2017 (article 100)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0625&from=ES>

Pla de seguretat alimentària de Catalunya 2022-26
https://acsa.gencat.cat/web/.content/50_Actualitat/Notes-actualitat/2021/06-juny/Pla-Seguretat_ACSA_cat.pdf

Pla estratègic de l'alimentació de Catalunya
<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/consell-catala-alimentacio/pla-estrategic-alimentacio-catalunya>

Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona
<https://www.aspb.cat/arees/laboratori/introduccio>

Autoria



Antoni Rúbies Prat

Cap del Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona.
 arubies@aspb.cat



Mireia Medina Sala

Cap de servei del Laboratori Agroalimentari.
 DACC.
 mireia.medinasala@gencat.cat



Parlem amb DR. CHRISTOPH VON HOLST

Responsable científic

Christoph von Holst treballa al Centre Comú de Recerca (JRC, per la sigla en anglès) de la Comissió Europea a Geel (Bèlgica). Va estudiar Química i es va doctorar en Química Analítica a la Universitat Tècnica de Munic (Alemanya). El 1997 es va incorporar al JRC, on va treballar en diverses matèries relacionades amb l'anàlisi d'aliments i pinsos, com els plaguicides, la farina de carn i ossos, els compostos organoclorats, les micotoxines i els additius per a pinsos. Des del 2003 és responsable del laboratori de referència de la Unió Europea per als additius per a pinsos. Està molt interessat en el tractament de dades estadístiques, especialment en el camp de la quimiometria, i és coautor d'uns 90 articles publicats en revistes revisades per experts.

«Els LRUE ajuden a aplicar els reglaments de la UE en l'àmbit de l'alimentació i la nutrició animal, i se centren en les tasques de control dels estats membres»

Quin és el paper dels laboratoris de referència de la Unió Europea (LRUE)?

Hi ha LRUE per a diversos camps, però en aquesta entrevista em centraré en els LRUE que s'han establert en l'àmbit dels aliments i els pinsos, i que estan destinats a matèries diferents, com els plaguicides, els contaminants, els aliments i els pinsos modificats genèticament, les proteïnes animals i els additius per a pinsos. Els LRUE són importants perquè molts dels reglaments que regulen aquestes qüestions s'estableixen a escala de la Unió Europea (UE), però són els estats membres els que s'encarreguen d'aplicar correctament aquestes normes. Per exemple, la Comissió Europea estableix els nivells màxims de contaminants als aliments o els pinsos i els laboratoris de control oficials dels estats membres són els que analitzen mostres obtingudes del mercat per comprovar si es compleixen aquests criteris. Per tant, per al bon funcionament del mercat de la UE, és molt important que les tasques de control oficial es duguin a terme de manera harmonitzada i que els laboratoris dels estats membres puguin demostrar que tenen expertesa suficient per analitzar mostres d'aliments i pinsos. Un dels principals objectius dels LRUE és garantir que aquests laboratoris apliquin les normes que s'han establert en l'àmbit de la UE i obtinguin resultats analítics amb la qualitat necessària.

Un dels principals objectius dels LRUE és garantir que aquests laboratoris apliquin les normes que s'han establert en l'àmbit de la UE i obtinguin resultats analítics amb la qualitat necessària

Pot descriure breument la seva relació amb els laboratoris nacionals de referència? Com qualifica aquesta relació?

Els LRUE estableixen xarxes amb els laboratoris nacionals de referència (LNR), que són designats oficialment per cada estat membre. Els LRUE i la Direcció General de Salut i Seguretat Alimentària de la Comissió Europea estableixen programes anuals que especifiquen, per exemple, per a quina substància i quina matriu d'aliments o pinsos s'organitzen els assajos d'aptitud. En aquests assajos d'aptitud, el LRUE prepara mostres que contenen la substància al nivell d'interès i les envia a tots els LNR amb la sol·licitud d'anàlisi. Després, els resultats analítics es comuniquen al LRUE, que en fa una avaluació estadística per obtenir una estimació del rendiment específic del laboratori en aquest exercici. Aquesta informació és un criteri clau perquè els LNR demostrin la seva expertesa, però també perquè millorin, si cal. A més, el LRUE organitza tallers anuals amb els LNR per debatre els resultats dels assajos d'aptitud i altres qüestions rellevants.

Com descriuria la situació actual d'aquests laboratoris? Quins recursos els falten?

Els resultats de l'elevat nombre d'assajos d'aptitud organitzats pels LRUE en els diferents àmbits demostren el rendiment dels LRN pel que fa a l'anàlisi de mostres d'aliments i pinsos. D'altra banda, la tasca que duen a terme els LRUE ajuda a identificar en quins aspectes han de millorar alguns laboratoris en concret. Als tallers anuals organitzats pels EURL tenen lloc debats de caire tècnic per fomentar l'intercanvi de coneixements i, així, millorar continuament el nivell de competència de tots els laboratoris.

Els resultats de l'elevat nombre d'assajos d'aptitud organitzats pels LRUE en els diferents àmbits demostren el rendiment dels LRN pel que fa a l'anàlisi de mostres d'aliments i pinsos

Pel que fa a la nutrició animal, quines matrius i determinacions analítiques es fan servir actualment?

El pinso final que es dona a l'animal sovint és una barreja complexa composta per matèries primeres, premescles i preparats d'additius per a pinsos. En principi, totes aquestes matrius es poden incloure en els programes de control dels laboratoris oficials de control, a fi de comprovar que l'etiquetatge dels aliments i els pinsos inclou la informació correcta i el compliment dels límits legals. Atesa l'enorme diversitat d'analits objectiu, els mètodes analítics també difereixen molt. Per exemple, per determinar medicaments veterinaris s'aplica la cromatografia de líquids acoblada a l'espectrometria de masses, mentre que alguns elements s'analitzen amb l'espectrometria d'emissió atòmica de plasma acoblat inductivament.

Pel que fa a l'objectiu de la UE de convertir-se en el primer continent neutre en carboni, quin paper hi tenen els LRUE?

Els LRUE ajuden a aplicar els reglaments de la UE en l'àmbit de l'alimentació i la nutrició animal, i se centren en les tasques de control dels estats membres. Sens dubte, això també s'aplicarà a totes les mesures previstes en el marc del Pacte Verd Europeu.

Quina tendència hi ha en tècniques analítiques? Quines inversions considera prioritàries?

És una pregunta molt difícil de respondre, atesa l'extrema varietat de les disciplines analítiques implicades. No obs-

tant això, sens dubte hi ha una tendència a aplicar cada vegada més mètodes multianalits utilitzant instruments que permeten la determinació simultània d'un elevat nombre de compostos diferents amb característiques fisicoquímiques similars, com les micotoxines, les toxines vegetals o els plaguicides. Així mateix, hi ha la necessitat de disposar d'instruments de baix cost i fàcils de fer servir que permetin un cribratge ràpid de les mostres. Algunes d'aquestes proves s'utilitzen fins i tot in situ, la qual cosa garanteix que només la fracció més petita de mostres sospitoses positives de totes les mostres examinades se sotmet a una anàlisi confirmatòria que requereix instruments cars. Tots aquests esforços sens dubte milloraran l'eficàcia del control oficial amb els recursos disponibles.

Sens dubte hi ha una tendència a aplicar cada vegada més mètodes multianalits utilitzant instruments que permeten la determinació simultània d'un elevat nombre de compostos diferents amb característiques fisicoquímiques similars

Quins són els reptes futurs dels laboratoris agroalimentaris?

Un dels principals reptes és estar al dia de totes les qüestions i els requisits relatius als laboratoris de control, ja que canvien constantment. Per exemple, el canvi climàtic pot repercutir en la presència de patògens vegetals o contaminants naturals a les mostres d'aliments i pinsos, la qual cosa obliga els laboratoris a aplicar nous mètodes per mesurar aquestes substàncies. D'altra banda, cal tenir en compte que els programes de control en l'àmbit de l'autenticitat dels aliments i els pinsos cada vegada són més importants, i això reflecteix les exigències cada cop més elevades dels consumidors. Un altre aspecte que cal destacar són els nous requisits de control per l'ús de matèries primeres alternatives, com els insectes. Finalment, m'agradaria remarcar que aquests són només exemples d'un gran nombre de qüestions molt diferents que els laboratoris han d'abordar.

Un dels principals reptes és estar al dia de totes les qüestions i els requisits relatius als laboratoris de control, ja que canvien constantment



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**



xarxa-i.cat
Xarxa d'Innovació agroalimentària
i rural de Catalunya