

Sensors i algorismes per monitorar la producció d'anàlegs carnis

ag. 28, 2026 | IA • Indústries alimentàries • Sensòrica

La demanda d'alternatives vegetals a la carn continua creixent. A l'IRTA treballem en el desenvolupament de sensors i algorismes que permeten monitorar en temps real el procés d'extrusió d'alta humitat per obtenir productes amb una textura cada vegada més semblant a la carn.

De la proteïna vegetal a l'anàleg carni

En les darreres dècades, l'adopció de dietes flexitarianes, vegetarianes i veganes ha augmentat considerablement a causa de la preocupació pel canvi climàtic, la salut i el benestar animal. Aquesta tendència ha impulsat la demanda de productes proteics alternatius a la carn. Entre aquests productes destaquen els anàlegs carnis, elaborats principalment amb proteïnes d'origen vegetal i dissenyats per reproduir la textura i el sabor de la carn.

Un dels mètodes de producció d'anàlegs carnis és l'extrusió d'alta humitat, un procés industrial en què aquestes proteïnes es barregen amb aigua i altres ingredients i se sotmeten a altes temperatures i pressions fins a aconseguir una estructura fibrosa semblant al pit de pollastre.

Tot i que l'extrusió és una tecnologia àmpliament utilitzada, l'extrusió humida (és a dir, amb una elevada proporció d'aigua) en particular és un procés complex i no tan estudiat en què nombrosos factors influeixen en la textura final del producte. Entre aquests factors hi ha la composició de la matèria primera, la quantitat d'aigua afegida, els additius utilitzats i els paràmetres de procés de l'extrusora (per exemple, les temperatures de cocció i refredament). Comprendre l'efecte d'aquests factors és essencial per desenvolupar productes vegetals amb una textura i sabor més propers als de la carn, objectiu principal de la nostra recerca a l'IRTA.

Per avançar en aquest coneixement, cal desenvolupar sensors (visió artificial, espectroscòpics, etc.) que ens permetin monitorar en temps real l'efecte que tenen els canvis en la composició de la matèria primera i en els paràmetres de procés de l'extrusora sobre la qualitat dels

anàlegs carnis.

Per aquest motiu, la nostra recerca se centra en la caracterització i el control de tres parts del procés:

- (1) la matèria primera utilitzada
- (2) el procés d'extrusió en línia
- (3) la qualitat del producte final

Aquesta recerca segueix una estratègia basada en l'ús de sensors i algoritmes que permetin obtenir informació en temps real i en línia, és a dir, sense haver de destruir el producte i facilitant la presa de decisions.

Punts clau per controlar la qualitat del procés d'extrusió

Per optimitzar la producció d'anàlegs carnis cal disposar d'eines capaces de mesurar què està passant durant el procés sense interrompre'l.

- Eines no destructives de monitoratge

Les eines utilitzades en aquesta recerca es fonamenten, sobretot, en els principis de l'espectroscòpia, que és l'estudi científic de la interacció entre llum i matèria.

L'espectroscòpia infraroja (és a dir, l'estudi de la interacció entre la llum infraroja i la matèria), en particular, és una tècnica no destructiva que, en els darrers anys, s'ha abaratit i s'utilitza sovint en l'àmbit agroalimentari per al control de qualitat de processos de producció.

- Anàlisi de la matèria primera

Per a desenvolupar els models predictius de composició de les matèries primeres es va utilitzar l'espectroscòpia infraroja, incloent-hi entre les mostres analitzades barreges de farines, concentrats i aïllats proteics d'origen vegetal de diferent procedència. A partir de les dades espectrals obtingudes amb tres equips diferents (un d'ells portàtil i de baix cost), es van desenvolupar models de predicció que relacionen la resposta de la matèria primera a la llum amb la seva composició. Per fer-ho, es va utilitzar la quimiometria: un conjunt de tècniques matemàtiques, estadístiques i informàtiques que ens ajuden a interpretar dades complexes, com els espectres obtinguts. Els resultats van ser molt positius, amb errors de predicció baixos fins i tot amb l'espectròmetre portàtil i de baix cost.

- Avaluació del producte durant el procés d'extrusió

Per avaluar el procés d'extrusió mentre es duia a terme, es va equipar l'extrusora amb

un espectròmetre infraroig de sobretaula amb una sonda adaptada al capçal de refredament de l'extrusora (Figura 1). Aquest és un punt clau per a la formació de la textura en el procés d'extrusió humida. Aquest equip amb la sonda esmentada permet captar espectres en temps real, mentre el procés està en marxa. Combinant aquesta informació amb els models esmentats abans, es pot predir la textura i la composició dels productes i, si cal, ajustar els paràmetres de procés per optimitzar la seva qualitat final. Els resultats d'aquest experiment, tot i que preliminars, demostren que l'espectroscòpia és capaç de determinar la textura instrumental (duresa) i sensorial (la fibrositat en boca o semblança al pollastre) dels productes de manera no destructiva fins i tot durant el procés i en condicions de temperatura variable.

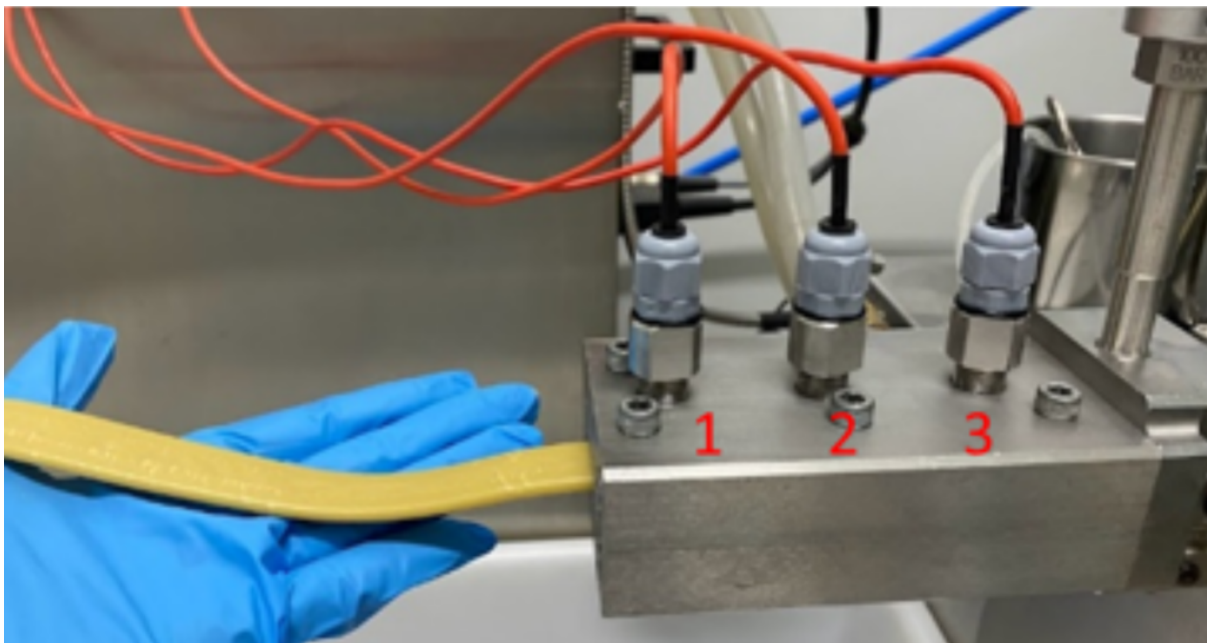


Figura 1: Sondes muntades en el capçal de refredament de l'extrusora. En aquests punts es va col·locar la sonda de fibra òptica de l'espectròmetre infraroig i es van adquirir espectres mentre es produïen extrudits d'alta humitat com el que es veu a la figura.

- **Avaluació del producte final**

També es va provar una tècnica més avançada i innovadora d'adquisició de dades per a l'avaluació no invasiva del producte final. A diferència de les anteriors, aquesta no només mesura la interacció puntual de la llum amb el producte final sinó també la seva dispersió en l'espai (que varia segons les característiques estructurals del producte) i pot ajudar a determinar la textura de les mostres.

Concretament, es va enfocar un feix de llum sobre un punt de la mostra i es va analitzar com es dispersava aquesta llum a diferents distàncies d'aquest punt. Aquesta llum, dispersada per les capes internes del producte, proporciona una barreja d'informació química (és a dir, relacionada amb la composició, com ja passava amb

l'espectroscòpia convencional) i informació física, relacionada amb l'estructura del producte.

Els resultats varen demostrar que aquesta tècnica permet distingir entre productes amb diferent textura. La Figura 2 il·lustra les diferències observades entre extrudits amb diferents graus de fibrositat (és a dir, amb una estructura més o menys semblant a la carn) que es van poder distingir amb aquesta tècnica analítica.



Figura 2: Diferències visibles entre les estructures internes d'un anàleg més pastós (esquerra) i un de més fibrós (dreta).

Conclusions

En resum, les tecnologies presentades han demostrat ser útils per caracteritzar les matèries primeres, fer un seguiment del procés en línia i avaluar les característiques dels productes finals. A més, aquestes tecnologies són especialment adients per a la seva implementació en línies de producció industrials, ja que no són destructives i es poden adaptar a qualsevol entorn.

Això pot ajudar a impulsar el control i el monitoratge agroalimentari, oferint eines innovadores que garanteixen la qualitat i l'eficiència dels processos de producció.

De cara al futur, la recerca se centrarà a desenvolupar models més precisos, capaços de

determinar les característiques fisicoquímiques i sensorials d'aquests productes. L'objectiu final és integrar aquests models en un sistema capaç de controlar tot el procés de manera eficient i autònoma.

Aquesta web i butlletí formen part del projecte "Plataforma de Dades i Serveis Digitals (Agrolabs Digitals IRTA)", amb el cofinançament del Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER) en el marc del Programa Catalunya 2021-2027.