

MAILLARD JAUNAREN PATATA FRIJITUAK

JOSU LOPEZ-GAZPIO
EHUko Kimika Aplikatua Saila

Kolore arrea duen patata frijituak bakar batek badu gizakiontzat minbizi-sortzaile probablea den konposatu kimiko bat —gutxienez—, eta zenbait mikrogramo gainera. Zein da konposatu hori, eta nola iritsi da gure platerera?

Arretze-prozesuak —gure patata frijituak oliotan jasan duena, esaterako— elikagaientan aldaketa kimikoak eragin ditzaketen erreakzio-multzo garrantzitsuak ditugu. Prozesu kimiko horien ondorioz, elikagaiek kolore hori-marroixka hartzen dute, eta oso ohikoak dira hainbat elikagaitan. Arretze-prozesuak bi talde handitan sailkatzen dira: alde batetik, arretze entzimatiakoak; bestetik, arretze ez-entzimatiakoak. Aldi berean, arretze ez-entzimatiakoen artean bi prozesu-multzo bereizten dira: karamelizazioa eta Maillard erreakzioa.

ARRETZE ENTZIMATIKOAK

Arretze entzimatiakoa fruta eta barazkietan gertatzen da nagusiki, eta elikagai horiek hartzen duten kolore arrearen eragilea da. Sagarrek, platanok, udareek, urazek, txanpiñoiek eta abarrek arretze-prozesu entzimatiakoen ondorioz hartzen dute hain eza-guna dugun kolore marroixka hori. Esan ohi dugu fruta oxidatu egin dela, eta horrela da; izan ere, arretze entzimatiakoa gertatzen denean, elikagaiak dituen konposatu fenolikoak oxidatu egin dira polifenoloxidasak deritzen entzimaren bidez. Oxidazio hori atmosferako oxigenoari esker gertatzen da, eta entzimek erreakzioa azkartzen dute. Normalean, arretze entzimatiakoa gertatzeko, elikagaiak kalte bat jasan behar du, adibidez, sagar bat ebakitzen dugunean edo platano batek kolpe bat hartzen duenean. Zelulak apurtu egin dira kalte horren ondorioz, eta hasiera batean ondo bananduta zeuden polifenolak eta polifenoloxidasak erreakzionatzen hasten dira. Entzimatikoki katalizatutako erreakzioen ondorioz, konposatu fenolikoak eraldatu eta kolore arrek pigmentuak lortzen dira, esate baterako, melanina.



Patata frijituak, akrilamida-iturri nagusietako bat. ARG.: © PETER POLAK/123RF.

KARAMELIZAZIOA

Zenbaitetan, arretze-erreakzioak ez dira erreakzio kaltegarriak, jakiak prestatzean nahita egiten diren prozesuak dira, adibidez, karamelizazioa. Karamelizazioa arretze-prozesu ez-entzimatiakoa da, eta azukreen pirolisiaren ondorioz gertatzen da. Azukreak —sakarosa, esaterako— fusio-puntutik gora berotzen direnean, zenbait erreakzio gertatzen dira, eta, horien ondorioz, pigmentu arreak eta usain gozoko konposatuak agertzen dira —furanok, furanonak eta laktinak, besteak beste—. Berotze-prozesuan, kolore hori-gorrixkak lortzen dira hasieran, arreak ondoren eta, azukreak gehiago berotzen badira, kolore beltzak lor daitezke. Prozesuan parte hartzen duten erreakzioak nahiko konplexuak dira, eta, zehatz-mehatz ezagutzen ez diren arren, erreakzio-multzo garrantzitsuenak azukreen isomerizazio-eta deshidratazio-prozesuak dira.



Flanen kasuan, nahita egiten den arretze-prozesua da karamelizazioa. ARG.: © JOANNA WNUK/123RF.



Louis Camille Maillard izan zen lehena elikagaietan gertatzen den azukreen eta aminoazidoen arteko erreakzioa aztertzen. ARG.: JABEGO PUBLIKOAN.

MAILLARD ERREAKZIOA

Maillard erreakzioa —edo *erreakzioak*, berez erreakzio-multzo bat delako— arretze-prozesu ez-entzimatikoa da, eta benetan interesgarriak diren hainbat erreakzioren ondorioa da. Duela ehun urte baino gehiago, 1912an, erreakzio horiek Louis Camille Maillard kimikari eta fisikari frantziarrak ikertu zituen lehen aldiz. Aminoazidoen eta azukreen arteko berotze-prozesuen ondorioz gertatzen diren erreakzioak ikertu zituen Maillardek. Berak uste zuenez, konposatu horien artean bazegoen erreakzio espeziifikoren bat elikagaien kolore marroi-arrea agertarazten zuena. Arretzearekin batera sortzen ziren konposatu kimikoei melanoidina izena jarri zien Maillardek, eta horien sortze-mekanismoak aztertzen saiatu zen, osasunerako garrantzitsuak zirelakoan.

Louis Camille jauna ez zebilen oker, elikagaietan oso ugariak diren konposatuak baitira Maillard erreakzioa gerta dadin beharrezkoak diren aminoazidoak eta azukreak: proteinetan daude lehenak —proteinak aminoazido-kate luzeak dira— eta karbohidratoetan bigarrenak —almidoia, glukosa, laktosa, sakarosa eta abar—. Gainera, janaria prestatzean, horrelako konposatuak dituzten elikagaiek tenperatura altuko prozesuak jasaten dituzte askotan. Maillard erreakzioa da, hain zuzen ere, arraina eta haragia erretzean agertzen den kolore arrearen eragilea. Eta ez horietan bakarrik, beste hainbat eta hainbat elikagaietan ere Maillard erreakzioa oso arrun-

ta da: ogi txigortua, opilak, patata frijituak, kafe txigortua, garagardo beltza, pizza, gailetak, zerealak eta abar.

Maillard erreakzioa nonahi gertatzen bada ere, ikuspuntu kimikotik erreakzio konplexuen multzo ikaragarria da. Maillard ikerketaren ondoren berrogei urte baino gehiago pasatu behar izan ziren John E. Hodge-k prozesuaren lehen deskribapen sakona egin zuen arte. Oraindik ere zehatz-mehatz ezagutzen ez diren arren arretze-prozesuan parte hartzen duten erreakzio guztiak, aurrerapauso interesgarriak egin dira Maillard erreakzioa ulertzeko.

Maillard erreakzioak ez du arretze-prozesuan bakarrik parte hartzen, erreakzio horri esker sortzen baitira jakien zaporean eta usainean ere funtsezko eragina duten konposatu kimikoak. Ikuspuntu kimikotik, erreakzioak hiru fase ditu. Lehen fasean, azukre baten karbonilo taldeak aminoazido baten amino taldearekin erreakzionatzen du ura eta glikosilamina ezegonkorra emateko. Hurrengo fasean, glikosilaminek *Amadori berrantolaketa* deritzon erreakzioa jasaten dute, eta, horren ondorioz, zenbait zetosamina sortzen dira, besteak beste. Hirugarren fasean, zetosaminek eta beste hainbat molekulek erreakzio-multzo izugarria jasaten dute —adizioak, berrantolaketak, polimerizazioak eta abar—, eta elikagaien ezaugarriak aldatzen dituzten konposatu ugari sortzen dira. Horien artean, osasunerako onak diren konposatuak —melanoidinak kasu— eta hain onak ez direnak —amina heteroziklikoak eta akrilamida, esaterako— agertzen dira elikagaietan.

AKRILAMIDA NONAHI

Maillard erreakzioaren azpiproduktuek osasunean duten eragina garrantzi handiko esparrua da elikagaien kimikan, eta, azpiproduktu horien artean, kasurik ezagunena akrilamidarena da, ziur asko. Akrilamida amiden taldeko konposatu organiko bat da, eta, substantzia neurotoxikoa izateaz gainera, Minbizia Ikertzeko Nazioarteko Agentziak —IARC delakoak— akrilamida 2A taldeko minbizi-sortzaile moduan sailkatu du 1994tik, alegia, gizakiontzat minbizi-sortzaile probablea.

Akrilamidaren inguruko kezka Suedian egindako ikerketa baten ondoren piztu zen, txiripaz gertatutako aurkikuntza baten ondorioz. 1997an, Hallandsås-eko tuneleko obrak zirela eta, langile eta inguruetako animaliek akrilamida-intoxikazioa izan zuten. Akrilamidaren jatorria tuneleko pitzadurak zigilatzeke erabilitako produktuetako bat zenez, tuneleko langileen akrilamida-mailak ikertzea eskatu zitoten Stockholmeko Unibertsitateko M. Törnqvist-i. Horrelako ikerketetan egin ohi denez, langileen akrilamida-maila kontrol-talde batekin alderatu zuten. Kontrol-talde hori tunelean erabilitako produktuarekin kontakturik izan ez zuten biztanleak ziren, baina sekulako ezustekoa izan zuten ikertzaileek: kontrol-taldeko kideen odolak akrilamida-kontzentrazio kezkagarria zuten.

Ikerketa horren ondorioak 2002an argitaratu ziren, eta, orduz geroztik, akrilamidaren presentziari buruzko zientzia-artikulu asko plazaratu dira. Gaur egun gauza jakina da tenperatura nahiko altuetan prozesatu



Arretze entzimatikoa fruta eta barazkietan gertatzen da nagusiki. ARG.: CC-BY-SA-2.5.



diren elikagai askotan agertzen dela Maillard erreakzioaren azpiproduktu gisa, alegia, arretze-prozesuaren ondorioz. Akrilamida ager dadin, azukreen eta asparagina deritzon aminoazidoaren artean Maillard erreakzioak gertatu behar du. Koktel kimiko hori tenperatura altuan prozesatzen denean —eta prozesaketa hori etxeko zartaginean egindakoa izan daiteke—, elikagaiak akrilamida izango du, eta haren kontzentrazioa 30-1.350 µg/kg izan ohi da. Dena den, balio hori elikagai-motaren, elikagaia prestatzeko tenperaturaren eta beste hainbat faktoreren menpekoa da. Oro har, 120 °C-tik gora hasten da akrilamidaren ekoizpena, eta 160-180 °C-an du ekoizpen-tasa maximoa. Maillard erreakzioaren ondorioz, oro har, gorpuzaren pisuaren kilogramoko eta eguneko 0,3-4 µg inguru hartzen dugu, Nazioarteko Osasun Erakundearen arabera. Kontua da, eta agian honek sortu du izu gehiena, akrilamida-kontzentrazio handienak dituen elikagaia askok gustuko dugun ohiko jaki bat dela: patata frijituak.

Patataren kasuan, aminoazido askerik ugariena asparagina da —93,9 mg 100 g-ko—, eta glukosa azukrea ere kantitate handian dago —almidoia glukosa-kate erraldoia da, hain zuzen ere—; beraz, Maillard erreakzioa ahalbidetzen duten bi osagaiak bertan daude. Gainera, Maillard erreakzioa era azkarrean gertatzen den tenperatura erabiltzen da patatak frijitzean, eta, ondorioz, jaki horren akrilamida-kontzentrazioa 400-1.200 µg/kg ingurukoa izaten da. Irakurleak argibide zehatzak aurkituko ditu bibliografian aipatzen den Medeiros Vinci eta haren lankideen ikerketan. Edonola ere, eta kontuak sinplifikatuz,



Maillard erreakzioaren ondorioak barbakoan. ARG.: JABEGO PUBLIKOAN.

150 g patata frijitu nahikoak dira egunean har daitekeen akrilamida-kantitate segurua gainditzeko.

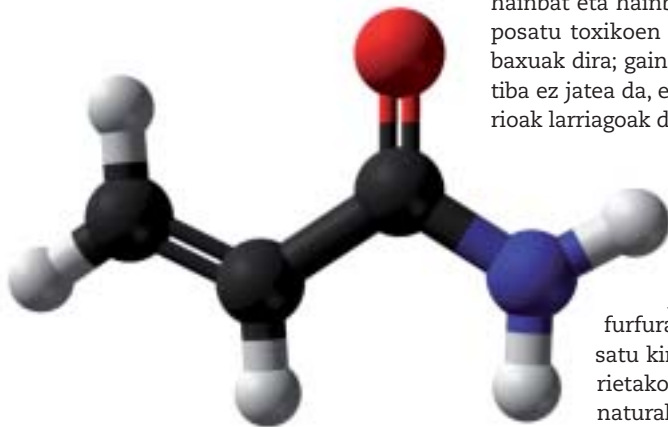
ORDUAN, ZER JAN?

Teknika analitiko instrumentaletan aurrerakuntzak egin diren heinean, geroz eta konposatu gehiago detekta daitezke elikagaie-tan, eta, gainera, kontzentrazio gero eta txikiagoan aurkitzeko gai gara. Norberaren erabakia da patata frijitu marroixkak edo bigunak prestatzea, txuleta ondo txigortzea edo ez, eta abar; baina, dena den, Maillard erreakzioa saihestea kontu zaila da, horretarako hainbat jaki baztertu beharko genituzkeelako dietatik: patata frijituak, kafea, arrain eta haragi errea, ogi txigortua, eta arretze-prozesuak jasaten dituzten beste hainbat eta hainbat jaki. Edonola ere, konposatu toxikoen kontzentrazioak benetan baxuak dira; gainera, geratzen den alternatiba ez jatea da, eta argi dago horren ondorioak larriagoak direla.

Amaitzeko, gaur egun kimiofobia oso hedatua dagoen arren, kontuan izan akrilamida —eta beste hainbat adibide jar litezke, hidroximetilfurfurala kasu— ez dela konposatu kimiko sintetiko maltzur horietako bat. Patata ekologiko eta naturalenak erabilia prestatuta-konpatata frijituak Maillard erreakzioa jasango dute, eta akrilamida anoa prest izango dugu, guztia era *natural-natural*ean.

BIBLIOGRAFIA

- FOGLIANO, V.; BIRLOUEZ-ARAGON, I.: “Maillard Reaction: An Ever Green Hot Topic in Food and Biological Science”. *Food & Function*, 4 (2013), 1000-1000.
- HODGE, J. E.: “Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1(15) (1953), 928-943.
- IRUIN, J. J.: (El Búho del Blog): “El Cuadrilátero de la Akrilamida”. Naukas.com (2013-VII-23).
- MAILLARD, L. C.: “Action des Acides Aminés sur les Sucres: Formation des Mélanoidines par Voie Méthodique”. *Comptes Rendues de l'Academie des Sciences*, 154 (2012), 66-68.
- MARTIN, F. L.; AMES, J. M.: “Formation of Strecker Aldehydes and Pyrazines in a Fried Potato Model System”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8) (2002), 3885-3892.
- MEDEIROS VINCI, R.; MESTDAGH, F.; DE MEULENAER, B.: “Acrylamide Formation in Fried Potato Products – Present and Future, a Critical Review on Mitigation Strategies”. *Food Chemistry*, 133(4) (2012), 1138-1154.
- SOMOZA, V.; FOGLIANO, V.: “100 Years of the Maillard Reaction: Why Our Food Turns Brown”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(43) (2013), 10197-10197.
- STADLER, R. H.; BLANK, I.; VARGA, N.; ROBERT, F.; HAU, J.; GUY, P. A.; ROBERT, M. C.; RIEDIKER, S.: “Acrylamide from Maillard Reaction Products”. *Nature*, 419(6906) (2002), 449-450.
- TAREKE, E.; RYDBERG, P.; KARLSSON, P.; ERIKSSON, S.; TÖRNQVIST, M.: “Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs”. *Journal of Agriculture and Food Science*, 50(17) (2002), 4998-5006.



Akrilamida molekula; karbonoa beltzez, oxigenoa gorritz, nitrogenoa urdinez eta hidrogenoa txuriz adierazita. ARG.: JABEGO PUBLIKOAN.

Eskerrik asko Eusko Jaurlaritzaren Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura Sailari doktoretza-aurreko bekarekin emandako laguntzagatik.