

Elikagaien burdin biodisponibilitatea

(Iron bioavailability in foods)

Urdampilleta Otegui, Aritz

Euskal Herriko Unib. (UPV/EHU). Farmaziako Fak. Fisiologia Saila. P^o de la Universidad 7. 01006 Vitoria-Gasteiz
aritz.urdampilleta@ehu.es

Gómez-Zorita, Saioa

Euskal Herriko Unib. (UPV/EHU). Farmaziako Fak. Farmazia eta Elikagaien Zientziak Saila. P^o de la Universidad 7.
01006 Vitoria-Gasteiz
saioa.gomez@ehu.es

Martínez-Sanz, José M.

Nutriaktive. Kirol Planifikaziorako Aholkularitza Zientifiko-Teknikoa.
Av. Dr. Jiménez Díaz, 19. 03005 Alicante
josemiguel.martinez@nutriaktive.com

Jaso: 30.03.2012

BIBLID [ISSN: 1577-8533, eISSN: 1989-2012 (2012), 12; 189-209] Onartu: 14.11.2012

Jakien burdinaren biodisponibilitatea, xurgatu eta gorputzak erabilitako burdin (Fe) kantitatea da. Biodisponibilitatean eragiten duen faktore nagusia Fe-ren forma kimikoa (Hemo edo Ez-Hemo) eta honen xurgapenean eragiten dituzten beste faktore dietetiko-nutrizionalak dira. Hau dela eta honen xurgapena handiago edo murrizten dituzten egoera fisiologiko zein komposatuak hartu behar ditugu kontutan. Anemia ferropenikoen prebentzio edo tratamendurako eta zerbait egoera fisiologikoetan (haurdunaldia, adoleszentzia edo kirolariak kasu) burdin galera handiak izaten dira, eta oso garrantzitsua iruditzen zaigu faktore dietetiko-nutrizional hauek kontutan edukitzea, anemia ferropeniko egoerei aurre egiteko.

Giltza-Hitzak: Burdina. Dieta. Biodisponibilitatea.

La biodisponibilidad del hierro de los alimentos es la cantidad de hierro (Fe) que el cuerpo utiliza tras su absorción. El factor principal que actúa en la biodisponibilidad es la forma química del Fe (Hemo o No-Hemo), y otros factores dietético-nutricionales influyen en la absorción del mismo. Con respecto a esto, hay que tener en cuenta las situaciones fisiológicas o compuestas que aumentan o disminuyen su absorción. En determinadas situaciones fisiológicas (como el embarazo, la adolescencia o en el caso de los deportistas) suelen darse grandes pérdidas de hierro, y nos parece muy importante la toma en consideración de estos factores dietético-nutricionales para hacer frente a situaciones de anemia ferropénica.

Palabras Clave: Hierro. Dieta. Biodisponibilidad.

La biodisponibilité en fer alimentaire est la quantité de fer (Fe) absorbée par le corps pour ses besoins. Les principaux facteurs influant sur la biodisponibilité sont la forme chimique du fer (hémérique ou non hémérique) et les causes d'ordre diététique et nutritionnelles influant sur son absorption. Ainsi, il faut tenir compte à la fois des composants et des situations physiologiques influant sur l'augmentation ou la diminution de l'absorption du fer. Dans certaines situations physiologiques (cas des femmes enceintes, des adolescents ou des sportifs) où les pertes en fer sont importantes, il nous semble essentiel de tenir compte de ces facteurs diététiques et nutritionnels, pour la prévention et pour le traitement de l'anémie ferriprive.

Mots-Clés : Fer. Régime alimentaire. Biodisponibilité.

1. SARRERA

Herrialde industrializatueta arazo nutrizional prebalenteena burdin-urritasuna da, elikagaietako burdin-ingesta eskasa elikagaien arteko interferentziak, mezu dietetiko-nutrizional desegokiak eta gizartearen eskakizun berriak (kaloria baxuko dietak) direla medio (Vidal, 2001).

Ikerketa internazional baten arabera herrialde industrializatueta, umeen %15ak inguru burdin dietetiko kantitate eskasak hartzen dituzte (Yip, 1998). Hala ere, kezka gehien sortarazten gaituena, burdin ingesta nahiko hartzen dutenek ere, anemia ferropenikoak pairatzen dituztela da, batez ere zenbait egoera fisiologiko eta adin talde berezietan, hala nola: haurdunaldian, haur jaio berrietan (batez ere haur goiztiarretan), nerabeetan eta hauek emakumezkoak direnean.

Adin talde eta egoera fisiologiko haueta, burninaren beharrak handiagoak dira eta hau dela eta burdinaren ingesta nahikoa izan dakin, zenbait aspektu dietetiko-nutrizional kontutan edukitzea beharrezkoa da, honen biodisponibilitatea erabat aldatu daitekelako bere forma kimikoa (burdin hemo edo ez hemoa) edo beste elikagaiekin izan dezakeen interakzioen arabera, bere xurgapena handiagotu edo asko gutxiagotzen baita.

Mineral honen eskakizun minimoak ez dira ohiko dietarekin betetzen, arrazoi ezberdinak direla medio, hala nola; argaltze dietak, burdinean oparoak diren jakien ospe txarra (odolkia, gibela, haragi gorriak), landare-dieten areagotzea. Zentzu honetan, zergatia burdinean oparoak diren jakien ez kontsumitzean egon daiteke, edota nutriente honen baliagarritasun baxua aurkezten dutelako, nagusiki xurgatze inhibidorengatik eta burdin hemiko eduki baxuagatik (Olibares, 1999).

Anemia ferropenikoa hain ugaria dela ikusirik adin talde eta egoera fisiologiko berezietan, eta haur jaio berrietan ere, honen erreserbek berebiziko garrantzia izan dezakela ikusirik, burninaren biodisponibilitatea handiagotu edo gutxiagotzen dituzten edoera eta faktore dietetiko nutrizionalak aztertzea eraman gaitu, haurdun dauden emakume, nebezaro (batez ere nesketan, hile-rokoaren odol galerengatik) eta kirolarietan estrategia dietetiko-nutrizional egokiak burutzeko oso baliagarri izan daitekelako.

2. JAKIEN BURDIN BIODISPONIBILITATEA

Ikuspuntu biologikotik, burdin (Fe) modu aipagarriak daude, eta hauexek dira: oxidatua edo ferrikoa (Fe^{3+}) eta mugatua edo ferrosoa (Fe^{2+}). Oxidatu egoeran eta 4 baino pH altuagoan, Fe oso disolbaezina da, azido ahul bezala jarduten baita eta beste konposatuek erraz kelatzen dute.

Gizonezko heldu batean Fe kantitate hurbildua lau gramokoa da, horrela banatuta: hemoglobina (~2,5g), erreserba nagusiki hepatikoak (~1g) eta mioglobina eta metal-dependenteak diren beste proteina entzimotiko batzuk

(~0,3g). Eguneko, gizon heldu osasuntsu batek bere Fe totalaren %~0,025 galtzen du (1mg-ren baliokide dena), zeina dietak ordezkatu behar duen (Conrad, 2002).

Gizakion dietan Fe-a burdin heminiko (Fe-Hemo) bezala haragietan aurkitzen da, edo burdin ez-heminiko bezala (Fe-Ez Hemo) landare-jatorriko elikagaietan, gatz mineraletan eta animali jatorriko hainbat jakietan, esnea eta arrautzak bezala. Fe-Ez Hemo-a mineral iturririk handiena da garapen bidean dauden herrialdeetako biztanleriaren dietatan. Fe-hemo-a haragi gorri zein zurietan topatzen da eta bereziki odolean.

Biodisponibilitatea, dietan lortutako Fe-a biologikoki erabiltzen den eraginkortasun bezala definitzen dena (Wienk, 1999), elikagaietan hornitzen den Fe motaren, bere kantitatearen eta elikagaiak janariarekin konbinatzen diren moduaren (Lynch, 1997), Fe-ren egoera nutrizionala eta Fe-aren mugikortasuna ehunen artean berritzea eskatzen duten hainbat gertaeren egoera edo honen beraren xurgapenaren arabera doa, hala nola: eritropoesia areagotua, egoera hipoxikoak eta infekzioak (Halberg, 1981). Honela, Fe-ren xurgapena areagotu egiten da metal-urritasuna, anemia hemolitiko eta hipoxia bitartean; prozesu kutsagarri edo handigarrietan, ordea, honen xurgapenaren gutxitzea dator.

Elikagarrien eta zehazki mineralen biodisponibilitatean eragina daukaten faktoreak, bi talde handitan sailkatzen dira: estrintseko motako faktoreak edo dietetikoak eta intrinseko motako faktoreak edo fisiologikoak. Gu bereziki faktore dietetikotan zentratuko gara.

2.1. Faktore dietetikoak

Faktore dietetikoaren barruan, burdinaren xurgapenean, haragi-proteinak, azido organikoak, azido askorbikoa (C bitamina), kaseinofosfopeptidoak, fruktoooligosakaridoak (FOS), polifenoleak, fitatoak, zuntz disolbaezinak eta kaltzioa, fosforoa, edo zink-a bezalako mineralak burdin-biodisponibilitatean eragiten dute.

Mineral honen biodisponibilitatean eragina daukan faktore nagusienetako bat bere forma kimikoa da. Burdina naturan honako moduetan aurkezten da: burdin heminiko (Hemo) eta burdin Ez-Hemo bezala. Hemo motako burdina animali jatorriko elikagaien parte da soilki, bai hemoglobina zein mioglobina bezala.

Ez-Hem burdina nagusiki landare-jatorriko elikagaietan aurkitzen da, baina baita ere esnean, eta arrautzean, zeintzuk mota honetako burdin baino ez daukaten barnean. Bestalde, haragiek eta arrainek Fe-Ez Hemo-a daukate, totalaren %66-an. Bere xurgapena faktore dietario ugarik zehazten dute, zeintzuk honen disolbagarritasuna erraztu edo ekiditen duten.

Ez-Hemo burdinak pH azidoa behar du bere burua murriztu eta Fe-3-tik Fe-2-ra pasatzeko; forma ferrosoa, pisu molekular baxuko konplexu disolbagarriari gehitu datzaioke. Badira Fe-2-a estabilizatzen laguntzen duten hainbat

konposatu; azido klorhidrikoa, elikagaien azido organikoak (nagusiki askorbikoa) eta zenbait aminoazido (zisteina...), hala nola. Hala ere, elikagaietan aurkitzen diren beste konposatu batzuek bere xurgapena zailtzen dute. Hauen artean aurkitzen dira: fitatoak, oxalatak, taninoak, polifenoleak eta zenbait elikagarri ez-organiko, kaltzioa eta aluminioa bezala.

Elikagaien burdin eduki altua daukaten arren, beren biodisponibilitatea aldatu egiten da %1 etik %30a arte, besteak beste, Fe motaren arabera eta dietako beste elikagarriek pH gastrikoa disolbagarritu edota murriztu dezaketen eraginkortasuna handitu edo txikitu dezaketelako. Azken ekintza hau, enterozitoaren mintz apikalean dagoen DMT1 transportatzaileari dagokio edo metalaren metabolismoari eragiten dio (Sandstrom, 2001).

Arau orokor bezala, elikagai taldeen arabera, xurgapen portzentaiak ondokoak dira: Landarekiak, %10; arraina %20, soia eta bere eratorriak %20, eta haragi gorriak %30 (Ensminger, 1995). Hala ere esan, hauek daukate burdinaren xurgapena bestelako fakote batzuen menpe ere dago, batez ere ez hemo motako jatorrikoa denean, landare jatorriko elikagaietan batez ere, nahiz eta aurrez esan bezala esneak edo eta arraultzak ere ez hemo motako burdina duten bereziki.

Konstante bezala jasotzen da xurgatutako metalaren %80 eta %90 artean hemoglobinarekin sintesirako erabiltzen dela (Fairweather, 2001), horra hor mineral honek anemiatan daukan garrantzia. Bestalde, irazpen-bide espezifiko ez dela kontuan hartzen badugu, berdin berdin erabil litezke biodisponibilitate eta xurgapen terminoak.

Elikagaien Fe eduki altua daukaten arren, beren biodisponibilitatea aldatu egiten da (aurrez esan bezala %1 etik %30 arte), burdin motaren arabera (hemo edo ez hemo) eta dietako beste elikagarri batzuek pH gastrikoak disolbagarritu edota murriztu dezakeen eraginkortasuna handitu edo txikitu dezaketelako, honek, batez ere burdin ez-hemikoan du eragina. Efektu hauetako batek edo batzuen konbinaketak, konposaketa batzuek Fe-ren biodisponibilitatearen inhibitzaile edo estimulatzaile gisa garrantzia hartzea ekar dezake (Miret, 2003).

Fe Hemo-aren biodisponibilitatea oso altua da, eta bere xurgapenean eragina daukate ondokoek: irentsitako haragi kantitateak (Carpenter, 1992) eta kaltzioak, zeina faktore inhibitzailea den (Pallares, 1996; Hallberg, 1992).

Hala ere, kontuan hartu behar dugu Fe Hemo, Ez-Hemo bihurtzen dela, izoztearen, tratamendu termikoaren eta pilaketaren ondorioz (Lombardi-Bocchia, 2002; Purchas, 2003).

Dieta batean kontsumitutako Fe-Hemo kantitatea aztertzerako orduan, honek, hutsegitea ekar dezake. Kasuen gehiengoan, literaturan, elikagai gordinen datuak ematen dira, sukaldatzerakoan gertatzen den Fe-Hemo-aren galera kontuan izan gabe. Geroz eta efektu termikoa bortitzagoa izan, geroz eta Fe-Hemo galera handiagoak izango ditugu. Beraz erabilitako sukaldaritzak teknikak ere berebiziko garrantzia izan dezakete, burdinaren biodisponibilitatea handiagotu edo gutxiagotu dezaketelako.

2.1.1. Burdin xurgapena murrizten duten konposatuak

Burdin xurgapen inhibitzaile diren konposatuen barruan, esatea, faktore gehiengok Fe-Ez Hemo-an eragiten dutela (Bendich, 2001). Hala eta guztiz ere, konposatu inhibitzaileen barruan fitatoari emango diogu garrantzi gehien, gaur egun gomendatzen diren dietatan (zerealak, lekadunak eta hazi oliotsuak) ugari aurkitzen baita.

Bestalde, beste faktore inhibitzaile batzuk ere badira, hala nola; polifenoleak, zuntz disolbaezina eta mineral jakin batzuk, fosforoa, manganesoa, kobrea, kaltzioa edo zinka. Kobreak eta manganesoak ere efektu inhibitzaileak izan dezakete baina nabarmentasuna ez da horren argia (Rossander, 1991). Zuntzaren paperi dagokionez ere, zenbait zalantza ageri dira literatura zientifikoan.

Azido fitikoak, burdina bezalako katioiak elkartzeko, haien artean interakzioak sortuz, ahalmen handia daukaten sei fosfatu talde ditu bere barnean (Agte, 2005). Ekintza honek garrantzi handia dauka, garatu gabeko zenbait herrialdeetan, lekale eta zereal ugaridun dietak dituztela kontuan hartzen badugu. Elikagaiak daukaten fitatoaren efektu inhibitzaileak proportzionalki erlazionatzen da Fe-Ez Hemo-aren xurgapenarekin. Hala ere, efektu hau, haragia (Baech, 2003) edo C bezalako burdin xurgapen potentziatzaileen presentzian minimizatu daiteke, azido fitikoaren degradazio prozesuaren bitartez bitamina (Davidsson, 2001; Jovani, 2000).

Fitatoaren fosfato taldeen degradazioarekin (fitasengatik edo egosketa tenperatura oso altuengatik) beste mineral batzuen biodisponibilitatearekin oztopatzeko ahalmena murrizten da (Hurrell, 2003). Zentzu honetan, elikagaien burdin-indartze programetan, fitatoaren biodisponibilitatea murriztea ere garrantzitsua da, hau, fitasak gehituz eta C bitaminaren edukia areagotuz egiten da. Gaur egun zenbait landare genetikoki manipulatzen ari dira, fitato edukia murrizteko asmoz.

Mineralen, kaltzioaren, fosforoaren eta zinkaren efektu negatiboa enterozitoen mintzeko transportatzaileengatik leihan daudelari zor zaio, oxidazio egoera berritzen dute edo Fe-aren metabolismoa oztopatzen dute (Sandstrom, 2001).

Kaltzioak garrantzi berezia dauka, Fe-Ez Hemo-aren biodisponibilitatean esku hartzeaz gain, Fe Hemo-en biodisponibilitatean ere hartzen duelako esku, eta efektua dosi dependentea da, horrela, biodisponibilitatea %50era jaistea lortuz, dosi hau dependentea izanik: 40mg azpitik ez du eragozten, baina bai, 40-300 mg kaltzio inguru, jogurt baten baliokide dena (Hallberg, 1998).

Beste ikerketa batzuek haragiaren efektu positiboari kontra egiten diola diote (Bendich, 2001). Hala ere, Fe Hemo-aren biodisponibilitatea murrizten duela jakina da, bakar-bakarrik mineralak soluzioan administratzen direnean (esnean bezala) eta ez erabateko janarietan administratzen denean (Halberg, 1991; Grinder, 2004). Honek, burdin-defizita edo anemia ferropenikoa dagoenean, esnea elikagairik okerrenea dela pentsarazten digu. Hau jakinik eta

esneak bromatologikoki duen balio handia ikusirik egun gizarteko poblazio handi batek pairazten dituen arazoetan, osteoporosis kasu, emakumezkoetan bereziki, bi mineral hauek batera ez artzea aholkatzen da.

Zinka eta burdinaren arteko erlazioa oso altua izan behar da interakzio altuak eman daitezen, adibidez, bada Fe-ren biodisponibilitatean %50eko murrizketa bat, Zn/ Fe proportzioa ur-soluzio batean 5:1 baino altuagoa denean. Efektu berbera ez da ikusten bi mineralak erlazio molar berean aurkitzen direnean, elikagai nahasketa batean (Whittaker, 1998).

Kuprearen papera nahiko paradoxikoa da, ehun ezberdinen burdin-mobilizazioetan laguntzen duten Cu-dependenteak diren entzimak baitaude (Sharp, 2004), baina honekin batera, in vitro burututako ikerketek, Cu-ak Fe-Ez Hemoaren dispoñibilitatea murrizten duela diote, bi metal hauek mintz transportadore (DMT1) berbera erabiltzen dutela eta (Arreondo, 2005).

Haragiaren proteinen kasuan ez bezala, beste arrautz proteina batzuk, esneak eta esnekiek burdin-xurgapenari kalte egiten diote (Beard, 1996; Conrad, 1993). Adibidez, esnearen kaseinek burdin-xurgapena inhibitzen dute gizakiarengan. Badirudi serina eta treoninaren fosforilazioak burdin-hondakinak eta beste mineral batzuk elkartzen dituela, burdinaren interakzio ionikoagatik eta hau hestetik urrun askatuko litzateke xurgapen ez horren eraginkorra edukitzeko (West, 1986).

Dena dela, efektu hau irenste aurretiko kaseinaren hidrolisi entzimatiakoaren bitartez murriztu daiteke, honek, burdinaren solubilitatea areagotuko luke hestean eta horrela biodisponibilitatea hobetuko litzateke (Hurrell, 1989; Kim, 1995). Aztertu denez, kaseinofosopeptido hauek katioi dibalenteak bereganatzeko eta hesteko pH-a disolbagarri mantentzeko ahalmen handia daukate bereziki 1,25- β -kaseinofosopeptidoek (Galdi, 1988). Hala ere, kafeinofosopeptido hauek burdinaren biodisponibilitatean eragiten dituzten hobekuntzak ezin dira sinpleki disolbagarritasunaren areagotzearekin eta burdin-xurgapenarekin justifikatu, hau da, eritropoesian, burdin erabilpen eraginkorraz eta gibelean ferritina moduan pilaketa egokiaz lagunduta joan behar du.

Honela, burdin-urritasuna daukaten arratoietan burdin gehigarri ezberdinen bitartez (sulfato burdintsua, erabateko β -kaseina eta burdinaren arteko batuketa eta 1,25- β -kaseinofosopeptidoa eta burdinaren arteko batuketa) egindako zenbait esperimentuk frogatu dute kaseinofosopeptidoak eta bereziki 1,25- β -kaseinofosopeptidoak hemoglobina mailatan eta ehunetako burdin-pilaketan emaitz hobeak ematen dituztela (Aït-oukhatar, 1997; Aït-oukhatar, 1999). Zenbait teoriak dioten bezala, plasma-esnearen proteinek igorritako biologikoki aktiboak diren peptidoen presentziaren ondorioz, burdina β -kaseinofosopeptidoari batuta, Fe-Ez Hemo-an ikusi ez den beste bide batek xurgatu lezake (Chabance, 1998). Perés eta kolaboratzaileek (1999b)-an ikusitakoaren arabera, burdin kantitate zati bat β -kaseinofosopeptidoari elkartuta, endozitoek xurgatzen dute, ohiko garraio pasibo eta aktiboaz gain, hau izan litekeelarik burdin-disponibilitatea hobetzea azaltzen duen arrazoia.

Xurgapen bide espezifiko honek ere, aurretiko ikerketak justifika litzazke, zeinek azaldu duten burdinak, kaseinofosfopeptidoei elkartuta, burdina eta kaltzio edota zinka bezalako mineralen arteko interakzioa prebenitu dezakela (Ait-oukhatar, 1997; Péres, 1997). Efektu hau arratoietan ikusi ahal izan da, Fe-Zn-ean ohikoak direnak baino interakzio baxuagoa eragiten duela (Perés, 1999). Mineral hauen arteko loturak peptido elementu konplexuen aztarnak sortzen ditu lumenean, eta mineral hauen xurgapena hobetzen du modu ioniko askean jarraitutako bidea ez den bide ezberdin baten bitartez, horrela, mineralen arteko interakzioa murriztuz (Péres, 1999).

Biodisponibilitate honek, bai disolbagarritasunaren edozein areagotzeren ondoriozko burdin eta kaseinofosfopeptidoen elkarketak sorturikoa, zein beste burdin-mineralekiko interakzioen prebentzioak edo xurgapen-bide jakinek sorturikoak, esne-peptidoak elikagaiak indartzeko osagarri egoki bihurtzea permititzen du, egun jaio berri diern haurrentzako eta lehenengo bi urtetako haurrentzat bereziki prestatutako esne artifizialetan eabili ohi da. Hala ere, beharrezkoa dela iruditzen zaigu ikerketak ildo honetan jarraitzea, izan ere, oraindik ere, animalietan lortutako emaitza guzti hauek gizakietan estrapolatu ahal izateko.

Zuntzari dagokionez, ohituraz ospe txarra ezarri izan zaio negatiboki eragiten diolako mineral-xurgapenari, hala ere esparrua oso eztabaitua ageri da, in vitro eta in vivo egindako ikerketetan. Torre eta kolaboratzaileen (1991) arabera, zuntz disolbagarriak (pektina eta guar goma) ez dauka horrenbesteko efekturik mineralen biodisponibilitatean. Van Dyck eta kolaboratzaileek (1996) aldiz burdin-biodisponibilitatearen murrizketa nabaritu zuten, dietako zuntz disolbagarriaren (gari-zahia) gorakadagatik.

Bestalde, arratoietan egindako ikerketa batzuen arabera, zuntzak ez du burdin-xurgapenean eraginik (Kim, 1996; Levrat-Verny, 1999), baina esan beharra dago, arratoiek peptina eta fitatoa hidrolizatzeo ahalmen handia daukatela, gizakiekin alderatuta, heste-fitasa asko baitaukate (guk ia ez daukagu). Beste autore batzuek diote, zuntzaren efektua baino, mineral-xurgapenaren murrizketa zuntz ugari daukaten elikagaien ezpurutasunari zor zaiola, zuntz disolbaezinari elkartzen zaizkion fitatoak izan daitezke adibidez (Brune, 1992; Larsson, 1996).

Hala ere kontutan izan behar dugo, bi elikagai jaorriko zuntz hauek (pektina eta guar goma eta gari-zahia) mota ezberdinetako zuntzak direla, eta agian burdin xurgapenean zuntz mota bakoitzek eragin ezberdina izan dezakela.

Polifenoleak ere inhibitzaila bezala jarduten dira. Hauek, landareetatik, barazkietatik, leketatik, frutatik, fruitu lehorretatik eta te-a, ardoa, garagardoa, kakaoa, kafea, e.a.-tik datozen ia elikagai guztietan aurkitzen dira. Polifenoleen ekintzatik postulaturikotako mekanismotako bat, burdinaren kelazioko prooxidante bezala jarduten dela da. Konposatu fenolikoetako galloyl (te berdean dagoen osagai garrantzitsua) taldea, honelako inhibizio motaren egitura erantzule bezala inplikatu izan da (Brne, 1991).

Zelula-hazkuntzetan egindako esperientzietan azido tanikoak, burdinarekiko 1:0,1-eko erlazio molarean, burdin-xurgapena %92-ra arte inhibitu dezakela frogatzen da, honek azaltzen digunez, tanikoak, fitatoak baino efektu inhibitzaile boteretsuagoa izan dezake (Glahn, 2002). Honekin batera, aran urinak eta mahats gorri urinak burdin-xurgapena %31 eta %67an inhibitu dezakete hurrenez hurren (Boato, 2002). Ardo gorriak ere dieta mixtoetan burdin biodisponibilitatea murrizten duela frogatu zuten (Lucarini, 2000; Yip, 2003), kafeak bezala, %8-13ko murrizketa probokatzen duena (Van Dyck, 1996).

Honekin batera, gizakiei egindako ikerketetan, adibidez, Cook eta kolaboratzaileek (1995)-enean, burdin-xurgapena, ardo zuriaren bitartez, 2 eta 3 aldiz handiagoa izatera iritsi zela erakutsi zuten. Antza denez, ardo zuriak, ardo gorriak baino polifenol kontzentrazio baxuagoa dauka, azken honek, 10 aldiz handiagoa den polifenol kontzentrazioa dauka. Bestalde, beste ikerketa batzuetan ondorioztatu dutenez; te beltzak, te berdeak, kakaoak eta kafeak Fe Hemo-aren xurgapena murrizten dute (Hurrell, 1999; Samman, 2001).

Pate eta kolaboratzaileek (1993), emakume korrikalari talde batean aztertu zuten, ferritina seriko mailak estatistikoki baxuagoak zirela bazkalostean tea edo kafea hartzen zutenean.

Dietako polifenoleak hiru talde nagusietatik etor daitezke: azido fenolikoak (askotan kafean daudenak), flabonoideak (te berde hostoetan eta kakaoalean daudenak) eta flabonoidez edo flabonoide eta azido fenolikoaren arteko konbinaketaz sortutako polimerazio konplexuko produktuak (te beltzean daudenak). Horrela, diotenez, te beltza burdin inhibitzaile boteretsuena izan daiteke, bere egitura polimerikoa dela eta, galloyl estere osagarri ugari duna (Hurrell, 1999).

Laburtuz, Fe-Ez Hemo-aren xurgapen inhibitzaileen barne hartzen dira; polifenoleak, landareetan, leketan edo ongarrietan aurkitzen ditugunak; fitatoak, prozesatu gabeko zerealen, intxaurren, kakahueteen eta leken %2-a direnak; zuntz dietetiko disolbagaitza (zerealen zahian aurkitzen dena), zinka, kobrea edo fosfato kaltzikoa bezala zenbait mineral, kaseina moduko hainbat proteina lakteko bezala (Crichton, 2001). Fitatoaren eta polifenolen efektu inhibitzailea, janarian C bitamina erantsita jazarri daiteke (Gay, 1998).

2.1.2. Burdin xurgapena obetzen duten konposatuak

Burdin-xurgapena mesedetzen duten konposatuen barruan, azido askorbikoak (C bitamina), haragi jatorriko aminoazidoek, A bitaminak eta fruktoologosakaridoek (FOS) paper garrantzitsua jokatzen dute.

C bitaminaren efektua, Fe-Ez Hemo-a murrizteko eta disolbagarritasuna pH altuan mantentzeko daukan ahalmenari egokitzen zaio (Teucher, 2004). Efektu promotore hau, azido fitikoa bezalako burdin-xurgapena inhibitzeko ahalmen altua duten elikagaietan ikusten da (Hallberg, 1986). Baita ere frogatu da C bitaminak haur-formuletako burdin biodisponibilitatearen portzentaia hobetzen

duela (Jovaní, 2000). Hala ere, dieta mixtoetan, burdin defizita duten emakumeetan, C bitaminaren efektua horren altua ez dela ikus daiteke, eta efektu minimoa lortu ahal izateko 25mg C bitamina kantitate minimoa hartu behar dela (Díaz, 2003).

“Haragi faktorea” apartekoagoa da. 60. hamarkadan, animalia jatorriko proteinek Ez-Hemo burdin-xurgapenean laguntzen zutela proposatu zen, prozesu honetan, animalia-jatorriko proteina prozesu honetan nahastuta zegoela ondorioztatuz. Geroagoko ikerketetan, haatik, ikusi da esne-proteinak; kaseinak (Chabance, 1998; Perés, 1999); Fe²⁺-a eta arrautzaren proteinatako bat (koalbumina) oxidatzen duen proteinak; metala kelatzen duen proteinak, burdin-xurgapenean efektu positiborik erakusten ez dutela (Emery, 1992; Hurrell, 1988). Badirudi haragi jatorriko aminoazidoak direla Ez-Hemo burdinaren xurgapena areagotzen dutenak, bereziki histidina eta sulfidriko elkarketatan oparoak diren aminoazidoen edukiarekin erlazionatuta dagoelako. Hortaz, aktina eta muzina eduki altua duten haragiak dira Ez-Hemo burdinaren biodisponibilitatea areagotzen dutenak (Mulvihill, 1998). Horregatik eman behar zaio garrantzi handiago “haragi faktoreari” eta ez aminoazido faktoreari, edo jakin beharko litzateke aminoazido batzuk jokatzen dutela paper berezia buirdinaren xurgapenean. Era beran, lagungarri izando da haragiak berak duen Fe Hemo kantitatea, berau xurgatzeko.

A bitaminak ere paper garrantzitsua jokatzen du burdinaren metabolismoan, batez ere garapen bidean dauden eta bitamina honen gabezia duten herrialdeetan ikusten da paper hau. Esan beharra dago, literatura zientifikoa ez dago bi mikronutriente hauek interakzionatzen duten nabarmentasun argirik, hau da, ez da zehazki azaltzen zergatik daukan efektu positiboa burdin biodisponibilitatean. Hala ere, bitamina honek Fe erreserben mobilizazioan zein Fe-aren beraren berrerabilpenean, heritropoiesirako, alegia, laguntzen duela postulatu da (Bloem, 1995). Bestalde, postulatu da A bitaminak zein betakarotenoek Fe-Ez Hemo-aren disolbagarritasunean laguntzen dutela, fitatoak bezalako hainbat inhibitzaileen efektuari jazarrit (Garcia-Casal, 1998; Garcia-Casal, 2000; Layrisse, 1997). Venezuelan, 1993an, erriboflabinak, niazinak, tiaminak eta A bitaminak osatutako elikagai indarpen programa batean, anemia prebalentzia %9,3 murriztu zen, eta burdin defizita %15,8-an aurreko urteko anemia prebalentziarekin alderatuta (Layrisse, 1996).

Digeriezinak diren oligosakaridoen (OND) efektuei dagokienez, zehazki **fruktooligosakaridoak (FOS)**, zenbait ikerketa egin dira, kaltzioa, magnesioa, zinka eta burdina bezalako hainbat mineralen xurgapena estimulatzen duela ondorioztatuz (Scholz-Ahrens, 2001). Hala eta guztiz ere, burdin-xurgapenean daukan efektua nahiko eztabaidagarria da. Animalietan, FOS-a burdin-xurgapenarekin hobetzen denaren ziurtasuna dago. Delzenne eta kolaboratzaileek (1995)ek hauteman zuten FOS-aren adizioak burdin atxikitzea %10era arte areagotzen zuela, era berean, kate motzeko fruktooligosakaridoen (FOSc) adizioarekin arratoi anemikoen berreskurapena hobetzen zuten eta Fe Hemo zein Ez Hemo-aren xurgapena hobetuz anemia prebenitu zezaketela (Ohta, 1999). Antza denez, efektu hau azido organikoei (laktatoa) kate

motzeko gantz-azidoen (AGCC) efektuei zor zitzairen, FOScc-aren fermentaziotik abiatutako lumenaren bakteriak produzitutakoak.

Hala ere, gizakietan prebiotiko hauen efektua ez da horren erabatekoa. Gizakiengan ez da burdin-xurgapena hobetzearen mekanismo zehatza ezagutzen, baina uste denez gaur egun erabiltzen diren prebiotikoen (oligofruktosa eta inulina) efektu nagusia heste-floran eragiten duen substratu moduko efektuarekin erlazionatuta dago, modu ez espezifikoan, baina honek hartzidura, AGCC ekoizpen eta azidifikazio luminal tasak estimulatuko lituzke (Scholz-Ahrens, 2001).

Zentzu honetan badirudi FOS-ak mineral-xurgapenean efektu eragingarria duela, azido fitikoaren efektu inhibitzailea jazarritz. López eta kolaboratzaileek (2000) arratoietan hauteman zuten FOS-ek burdin-xurgapeneko fitatoen efektu inhibitzailea neutralizatzen zutela.

2.2. Faktore fisiologikoak

Faktore intrinseko edo faktore fisiologikoak ere garrantzitsuak dira, honela, aipatzea mineral honen gorputz-erreserba mailak xurgapenaren portzentaian behin betiko eragiten duela. Horrela, estatus mineralak, adinak, egoera fisiologikoa, sexuak, jariapen azidoek, hipoxiak edo heste-iragaiteak mineralaren biodisponibilitatea hazi edo murriztarazi dezakete.

Mineral baten estatusa organismoan bere xurgapenari eragiten dion faktore fisiologiko garrantzitsuenetako bat da. Hainbat ikerketek frogatu dute burdin-urritasun zorrotzak dituzten gizabanakoek xurgapen portzentaia goratzeko ahalmena garatzen dutela, kondizio normaletan dauden pertsonekin alderatuta (Cook, 1990). Haurdun dauden emakume anemikotan fenomeno hau agertzen da eta Ez Hem burdinaren xurgapen tasa % 5 eta 13% artean areagotzea lorzen da (Sharma, 2003).

Eritropoesia, hipoxia eta infekzioen abiadura Fe-ren xurgapen eta mobilizazio abiadura berritzen dute, eta hortaz, bere biodisponibilitatea. Hepzidina (Heps), 25 aminoazido inguruko peptido hepatikoa, metalaren homeostasiarekin erlazionatuta dagoela aldarrikatu da (Fleming, 2005).

Jariapen azido normala daukaten gizabanakoekin alderatuta, burdin xurgapen baxuagoa existitzen da aklorhidria duten gaixoetan. Urin gastrikoak burdin-xurgapenean eragiteko bitartekari den mekanismoa ondo argituta ez dagoen arren, badirudi urin gastrikoaren osagarrietako batek edo digestio bitartean ekoiztutako medio azido berak, burdin-xurgapenean hobekuntzak eragingo lituzke. Bestale, hustutze gastrikoaren eta heste-iragaite denborak digestio bitartean eratzen diren espezie mineralak eta hauen solubilizazioa finkatu litzazke. Orokorrean, mineralen kontaktu denbora luzeagoak traktu gastro-hestearren solubilizazioa eta ondorengo xurgapena errazten ditu (Benito eta Miller, 1998).

3. ESTRATEGIA NUTRIZIONALAK

Orokorki, burdin defizita prebenitzeko zein tratamendurako hiru estrategia nutrizional aurkituko ditugu: 1) elikagaien aberastea, 2) gehigarrien administrazioa eta 3) bitartetza dietetikoa; burdinean oparoak diren elikagaien kontsumoa areagotuz eta burdin-xurgapena erraztu eta inhibitzen duten elikagaiak aldentuta.

Elikagaien aberasteari dagokionez, esatea, estrategia honek garrantzi handia izan duela osasun nutrizionalaren hobekuntzan, bereziki garapen bidean dauden herrialdeetan eta baita ere herrialde industrializatuetan. Estrategia hau zenbait gaixotasun prebenitzeko hasi zen, hala nola: bozioa (gatz iodatua gehituta), errakitismoa (D bitaminan aberastutako esnea), bebiberia, pelagra eta gaur egun anemiak edo haurdun daudenen tutu neuralaren akatsak (zereal aberastuak burdina, B12 eta folikoa) prebenitzeko (Darnton-Hill, 2002).

FAOren arabera (1996), zenbait elikagai modu egokian aberasteko arauak modu honetan finkatuta daude, herrialde bakoitzari eta honen beharrei moldatuz:

- Kontsumo patroi iraunkor bat izatea, gehiegizko kontsumoaren fluxu baxuarekin.
- Hautatutako herrialdean ohituraz kontsumitzen den elikagaia.
- Biltegitratzerakoan egonkortasun ona aurkeztea.
- Koste baxua izatea.
- Elikagaia eta gehituko zaion elikagarriaren artean interakziorik ez egotea.
- Disponibilitatea estatus ekonomikoak kondizionatuta ez egotea.
- Ingesta energetikoarekin erlazionatuta egotea.
- Elikagarria elikagaiari homogeneoki gehitu ahal izatea.

Elikagaien aberasteak abantaila handia ematen digu, herrialdeak ez baitu elikadura-ohiturarik aldatu behar. Hala ere, ez badira neurri egokiak hartzen, elikagarri hauen biodisponibilitatea nabarmen jaitsi daiteke, burdinaren kasuan gertatzen den bezala, indartzeko erabiltzen den burdina Ez-Hemo motakoa izaten baita, %3-4ko biodisponibilitatearekin, ez baldin bada bere xurgapena mesedetzen duten faktoreekin hartzen.

Osaketari eta burdin farmakologikoari dagokionez, normalean pertsona talde oso zehatz bati ematen zaio, bereziki haurdun dauden emakumeei, emakume eradoskitzaileei, 6 eta 18 hilabete bitarteko umeei eta galera handiak dituzten kirolariei (Viteri, 1997). Burdin gehigarri hauek azido folikoaz osatuak egoten dira, herrialde honentzako mesedegarriak direnak, bereziki haurdun dauden emakumeentzako eta sorkunde aurretik, eta ez daukate ageriko efektu sekundariorik (Dwyer, 2001; Kiely 2001). Zehazki burdin gehigarriak A, C eta B12 bitaminekin eta azido folikoarekin osatzen dira, hauetako baten defizitak hemoglobina sintesian (Allen, 2001), xurgapenean (C bitamina) edo burdin mobilizazioan, A bitaminaren kasuan bezala (Ramakrishan, 2004) eragin baitezake.

Burdinaren farmakologikoaren erabilpena, burdin-urritasuna garatzeko arrisku larrian dauden pertsoneri adierazten zale, hala nola, umeei, nerabeei, haurdun dauden emakumeei, barazki-jale zorrotzei edo atletei, baina honek min gastrohesteaz latzak ekar ditzake; goragalea eta gonbitua, min abdominala, bihotzerrea eta idorreria, baraurik hartzen baitira medio azido batean (Al-Momen, 1996). Zenbait ikerketek ondorioztatzen dute burdin kelanteak diren substantzietan estres oxidatiboa eta hantura areagotzen dutela, arratoietan (Ablin, 1999) zein gizakietan (Millar, 2000). Jararian, merkatuan erabili ohi diren burdin farmakologikoak, motak eta daramaten Fe kantitatea aurkeztuko dira:

Taula 1. Burdin mota farmakologikoak, egoera fisiologiko berezietan gomendatuak (Monteagudo, 2000)

Burdin mota	Prestakina	Aurkezpena	Fe mota	Fe kantitatea
Fe ²⁺	Tardyferon Ferrogradumet Cromatonbic Ferro Fer-In-Sol	Pilulak Pilulak Anpuluak Itotiak	Sulfato ferrosoa Sulfato ferrosoa Lactato ferrosoa Sulfato ferrosoa	105 mg 80 mg 37,5 mg/ 12 ml 30 mg/ ml
Fe ³⁺	Lactoferrina Ferrocur Ferplex 40	Anpuluak Anpuluak Anpuluak	Proteinsuccinilato ferrikoa Proteinsuccinilato ferrikoa Proteinsuccinilato ferrikoa	40 mg/15 ml 40 mg/15 ml 40 mg/15 ml
Ferritina	Ferroprotina Ferroprotina Ferritina Prodes Profer	Anpuluak Azal-estalkiak Anpuluak Azal-estalkiak	Ferritina Ferritina Ferritina Ferritina Ferritina	20 mg/10 ml 60 mg/azal-estalkia 20 mg/7cc 60 mg/azal-estalkia

Horregatik uste dugu burdin osagarrien erabilpen sarriak neurri terapeutiko moduan eta elikagaien aberastea prebentzio bezala, koloneko mukosa zelulen estres oxidatibo handiagoa eta epe luzera minbizia sortu dezaketenean burdin eta dosi konposatu mota ebaluatzen duten inkerketa gehiago behar direla. Honetaz gain, izan ere, gehiagoko burdina hartuz gero gibelean pilatzea gerta daiteke (hemokromatosia) ondoren bertako arazoak agertuz (Villegas, 2006).

Burdin defizita prebenitzeko moduik egokiena eta hezigarriena dudarik gabe dietetika eta nutrizioaren artekoa da, burdin biodisponibilitatearen faktore mesedegarriak eta inhibitzaileak ondo ezagututa, eta zein elikagai diren burdinean aberatsak berreziko Fe Hemo motakoak. Hala ere, arau hauek jarraitzea ez da beti posible, muga ekonomikoak edo ohitura kultural oso sendoak direla eta.

3.1. Burdin erreserbak igotzeko estrategiak

Aurrez aipatu bezala, badakigu elikagaietan burdina bi forma kimikotan aurkitzen dela; hemo burdina (Fe Hemo), haragiaren hemoglobina eta mioglobina parte dena, eta burdin ez hemoa (Fe-Ez Hemo) baita ere haragietan agertzen dena, baina gehiengoan zerealetan, lekatan, barazkietan edo eta arrautzean. Garrantzitsua da jakitea bi burdin forma hauek modu ezberdinean xurgatzen direla eta beren erabilpenaren eraginkortasuna ezberdina dela (Martinez, 2000).

Fe-Ez Hemo-aren biodisponibilitatea askoz baxuagoa da, disolbagarritasuna baxuagoa delako, dietako beste osagai askoren presentziaren eraginaz gain, gehiago inhibituz edo kasu batzuetan xurgapena erraztuz. Horrela, badakigu C bitamina, fruktosa bezalako zenbait azukre, haragiak eta A bitaminak Fe-Ez Hemo-aren xurgapena mesedetzen dutela, nahiz eta fitatoak, zuntz disolbaezinak, oxalatoak edo polifenoleek bere xurgapena inhibitu dezaketen, burdinari bateratzen baitzaizkio konplexu disolbaezinak eratuz (Allen, 1997). Kaltzioa, zinka eta beste katioi batzuek ere murrizten dute burdin-xurgapena, hestemukosako zeluletan sarrera ibilbide berberak konpartitzen baitituzte. Gainera, katzioak Fe-Ez Hemo-aren biodisponibilitateari egiten dio kalte Fe Hemo-an bezala (Hallberg, 1998), haragiaren efektu positiboari kontrajarriz (Bendich, 2001).

Bestalde, urin gastrikoko azidoen kontzentrazioak ere burdin ez organikoaren xurgapenean zerikusia dauka, horregatik, jakin beharra dago, jaki mixtoetan Fe-Ez Hemo-aren biodisponibilitatea baxuagoa izango dela. Baraurik, ordea, bere xurgapena areagotu egingo da (BNF, 1996). Hau ikusirik, Fe farmakologikoak baraurik eta C bitamina (naranja zukua adibidez) edo haragi jatorriko proteinekin batera hartzeak, hartzen dugun burninaren erabilgarritasuna handiagotuko luke.

Horrela, Fe Hemo biodisponibilitate altua daukaten elikagaiak kontuan hartuta eta Fe-Ez Hemo xurgakor kantitatea hobetuta, bere xurgapenerako laguntzaileen konbinaketa egokiaren bitartez eta burdin-xurgapenaren inhibitzaileak dietatik berezita estrategia dietetikoak garatu ahal izango ditugu, burdin-xurgapena hobetzearen xedearekin.

Burdin-xurgapenari dagokionez, ikerketa interesgarriak burutu dira, zeinetan dietako burdin biodisponibilitatea iragartzeko algoritmo batzuk planteatzen diren. Datu hauek 80. hamarkada inguruan publikatu ziren, Monsen eta kolaboratzaileen eskutik, haragi eta C bitamina kontuan hartuta, Fe biodisponibilitatea iragartzeko. Monsen eta kolaboratzaileen (1978) arabera, Fe Hemo kantitatearen irizpideak eta Fe-Ez Hemo-xurgapenaren faktore laguntzaile edo inhibitzaileak, 3 kategoria sailkatu ditzakegu: burdin biodisponibilitate baxua, erdikoa eta altua, mineralaren xurgapen media %5, 10 eta 15ekoa delarik hurrenez hurren.

Taula 2. Dietaren burdin biodisponibilitatea, haragi kontsumoa eta bitamina C kantitatea kontutan hartuta. Montsen, 1978 tik egokitua

Dietaren burdin biodisponibilitatea	Elikadura nagusia	Faktore inhibitzaileak	Biodisponibilitatea handiagotzen duten faktoreak
Baxua (%5)	Zerealak eta tuberkuloak ugari Haragi kontsumoa baxua	Zerealen zuntza	Haragia: 30 g baino gutxiago C bitamina: 30 mg baino gutxiago
Ertaina (%10)	Zerealak eta tuberkulo kontsumo moderatua Haragi kontsumo moderatua		Haragia: 30-90g C bitamina: 25-75 mg
Altua (%15)	Dieta hipetroproteikoak, haragi eta arrain kontsumo ugariaren bidez eta C bitamina ugari daukaten fruta kontsumo ugaria (kiwia, naranja, acerola, limoia, edo piper gorriak, goriñik)		Haragia: 30-90 g C bitamina: 75 mg baino gehiago edo Haragia: 90 g baino gehiago C bitamina: 25-75 mg

Ikerketa honen ondoren, beste hurbilketa batzuk ere egin dira, haragia eta B bitaminaz gain beste faktore gehiago kontuan edukita: fitato edukia, kaltzioa, soia proteina, arrautz proteina edo alkohola (Hallberg, 2000). Honela biodisponibilitate baxuko dieta bat erdipareko bihurtu baitaiteke, burdin-xurgapena hobetzen duten elikagaien ingesta areagotzen baldin bada, eta alderantziz, erdipareko bat baxu bihurtu daiteke, erregulariki, eguneko otordu berean burdin-xurgapen inhibitzaile kantitate handiagoak kontsumitzen badira, esnea, tea edo kafea bezala.

Bestalde, elikagaiak prestatzeko zenbait sukaldaritzak teknika, efektu inhibitzailea murrizteko baliagarriak izan daitezke, beratzea, malteatua, ureztatzea edo indaba ernetzea, zerealak edo hazietan, edo ogi legamia bezala, fitato mailak murriztu ditzakete eta honekin burdin-xurgapena areagotu (Harland, 1995; Manary, 2002; Samberg, 1999). Dirudienez, ureztatzea eta fermentazioa fitato presentean ezabaketan eraginkorrak dira. Teknika hauen oinarria hazien fitasa endogenoen aktibazioa da, azido fitikoaren hondaketa dakartenak. Hala ere, gaur egun ohikoagoa da fitasa endogenoak gehitzea, bakteriek edo legamiek nagusiki ekoiztutakoak (Frontela, 2008).

Praktika hauek garrantzi handia izan dezakete garapen bidean dauden herrialdeetan, zereal, tuberkulo eta lekale asko kontsumitzen baitituzte (Tontisirin, 2002), teknika hauek xurgapena, elikagai hauek gordinean zeukaten burdin-biodisponibilitatea 12 bider areagotu dezaketelako dirudienez fitatoaren murrizketagatik (Tontisirin, 2002).

Era berean, zerealak edo lekaleak sukaldatu aurreko bezperatik uretan mantentzeak Fe-Ez Hemo inhibitzaile indartsu diren zenbait antielikagarrri (saponinak eta polifenoleak bezala) ezabatzea dakar.

Tuberkuluen, artoa eta arroza bezalako zerealen edo indabak eta soia bezalako lekaleen kasuan ikertu zen, berotze arin batekin bakarrik Fe-Ez Hemoaren xurgapena areagotzen zela (Marfo, 1990).

Fermentazioa bezalako beste prozesuek ere, bereziki landare-dietatako misoa edo tempeh-a egiteko erabiltzen direnak, burdin biodisponibilitatea hobetu dezakete (Macfarlane, 1990). C bitaminak eta fruta eta barazkietan aurkitzen diren beste azido organiko batzuek nabarmen hobetu dezakete burdin-xurgapena eta fitatoaren efektu inhibitzaileak murriztu, eta burdin biodisponibilitatea hobetu modu honetan (Hallberg, 2000).

4. ONDORIOAK

Gizakion dietan biodisponibilitate gehien (%30-eko xurgapena) duen Fe haragikietan aurkitzen da (haragi gorria, gibela eta odolkiak batez ere), Fe Hemoa dutelako batez ere. Era berean, landare jatorriko elikagaietan, Fe kantitate handiak egon arren, batez ere lekarietan (soia, babarrunak edo dilistak) hauen biodisponibilitatea gehienez ere %8-koa da, baldintzarik honenetan hartzen bada ere, Fe-Ez Hemoa delako.

Arraultza eta esnekiek ere Fe-Ez Hemoa dute, eta era berean dituzten proteinek ez dute laguntzen Fe-ren biodisponibilitatea handiagotzen. Esnearen kasuan gaitera, kaltzio asko ere badu, eta honek interakzio negatiboa du xurgapenean.

Biodisponibilitatean, zenbait elikadura faktore eta egoera fisiologikoen eragin handia dute:

Elikadura faktoreei dagokionez, fitatoak (zerealen azalean ugaria), kaltzioa, fosforo eta zinka bezalako mineralek, arraultza eta esnekien proteina batzuk, zuntz ez disolbagarriak (zerealeko zuntza batez ere), polifenolek (fruitu lehorrak, ardo gorria, garagardoa, barazkiak, lekak, kakaoa, kafea edo tea) xurgapena gutxiagotu egiten dute.

Bestalde, C bitaminak, haragikien zenbait proteinek, fosfooligosakaridoek (FOS prbiotikoak) edo vitamina A-k xurgapena handiagotzeko gaitasuna erakusten dute, arrazoi ezberdinak direla medio.

Zenbati faktore fisiologiko ere garrantzitsuak dira. Fe-ren erresebak baxu daudenean, honen xurgapena handiagotu egiten da, era berean hipoxia egoeretan ere (mendi garaitara joatean, ebakuntzetan...). Bestalde, jariapen azido baxua (aklorhidria) dutenen kasuan, biodisponibilitatea baxuagoa da.

Estrategia dietetiko-nutrizionalei dagokionez, biodisponibilitatea handiagotzeko beharrezkoa da, Fe xurgapena handiagotzen edo murrizten dituzten

faktore dietetikoak banatzea, otordu bakoitzean. Elikagaiak Fe mineralez aberastea ere estrategia oso egokia izan daiteke, batez ere asko kontsumitzen diren elikagaietan, hala nola, zereala haur eta nerabeen kasuan.

Fe farmakologikoa (ahotik hartirikoa), adin talde (nerabearoan eta nesketan) eta egoera fisiologiko (haurdunaldian eta haur goiztiarretan) berezietan bakarra ematea gomendatzen da, baina estrategia honek soilak ez du Fe erreserben iguera handiegirik ematen (ez epe laburrean), batez ere, ez delako baldintza egokietan eta aurrez aipaturiko elikagaiekin batera hartzen.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABLIN, J.; SHALEV, O.; OKON, E.; KAMELI, F.; RACHMILEWITZ, D. "Deferiprone, ando oral iron chelator, ameliorates experimental colitis and gastric ulceration in rats". *Bowel Dis.* 1999,5:153-61.
- AGTE, V.; JAHAGIRDAR, M.; CHIPLONKAR, S. "Apparent absorption of eight micronutrients and phytic acid from vegetarian meals in ileostomized human volunteers". *Nutrition.* 2005;21(6):678-85.
- AIT-OUKHATAR, N.; BOUHALLAB, S.; BUREAU, F.; ARHAN, P.; MAUBOIS, J. L.; DROSDOWSKY, M. et al. "Bioavailability of caseinophosphopeptide bound iron in the young rat". *J. Nutr. Biochem.* 1997; 8: 190-4.
- AIT-OUKHATAR, N.; BOUHALLAB, S.; BUREAU, F.; ARHAN, P.; MAUBOIS, J. L.; DROSDOWSKY, M.; BOUGLE, D. "Iron tissue storage and hemoglobin levels of deficient rats repleted with iron bound to the caseinophosphopeptide 1-25 of β -casein". *J. Agric. Food Chem.* 1999; 47: 2786-90.
- ALLEN, L. H.; AHLUVALIA, N. "Improving iron status through diet: the application of knowledge concerning dietary iron in human populations". *Washington DC: US Agency for International Development and Opportunities for Micronutrient Interventions*; 1997.
- . "Iron Supplements: Scientific Issues Concerning Efficacy and Implications for Research and Programs". *J Nutr.* 2002; 132:S813-9.
- AL-MOMEN, A. K.; AL-MESHARI, A.; AL-NUAIN, L.; SADDIQUE, A.; ABOTALIB, Z.; KHASHOGJI T, et al. "Free radical generating mechanisms in the colon: their role in the induction and promotion of colorectal cancer?" *Free Radic Res Commun.* 1996; 6: 359-367.
- ARREDONDO, M.; NUNEZ, M. T. "Iron and copper metabolism". *Mol Aspects Med.* 2005; 26(4-5): 313-27.
- BEARD, J. L.; DAWSON, H.; PINERO, D. J. "Iron metabolism: a comprehensive review". *Nutr. Rev.* 1996; 54: 295-317.
- BENDICH, A. "Calcium supplementation and iron status of females". *Nutrition.* 2001; 17: 46-51.
- BENITO, P.; MILLER, D. "Iron absorption and bioavailability: an updated review". *Nutrition Research.* 1998; 18(3): 581-603.
- BLOEM, M. W. "Interdependence of vitamin A and iron: an important association for programmes of anaemia control". *Proc Nutr Soc.* 1995; 54(2): 501-8.

- BOATO, F.; WORTLEY, G. M.; HAI LU, R.; GLAHN, R. P. "Red grape juice inhibits iron availability : application of an in vitro digestion/Caco-2 cell model". *J. Agric Food Chem.* 2002; 50: 6935-8.
- BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. "Determination of iron binding by phenolic groups in foods". *J. Food Sci.* 1991; 56: 128-167.
- ; ROSSANDER-HULTE, L.; HALLBERG, L.; GLEERUP, A.; SANBURG, A. S. "Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups". *J. Nutr.* 1992; 122: 442-9.
- BRUNER, A. B.; JOFFE, A.; DUGGAN, A. K.; CASELLA, J. F.; BRANDT, J. "Randomized study of cognitive effects of iron supplementation in non-anemic iron-deficient adolescent girls". *Lancet*, 1996; 348: 992-6.
- CHABANCE, B. ; MARTEAU, P. ; RAMBAUD, J. C. ; MIGLIORE-SAMOUR, D. ; BOYNARD, M. ; PERROTIN, P. ; et al. Casein peptide release and passage to the blood in humans during digestion of milk or yoghurt". *Biochimie.* 1998; 80: 155-65.
- CONRAD, M. E; UMBREIT, J. N.; MOORE, E. G. "Regulation of iron absorption: proteins involved in duodenal mucosal uptake and transport". *J. Am. Coll. Nutr.* 1993; 12: 720-8.
- COOK, J. D. "Adaptation in iron metabolism". *American Journal of Clinical Nutrition.* 1990; 51: 301-8.
- CRICHTON, R. "Inorganic Biochemistry of iron Metabolism: From Molecular Mechanism to Clinical Consequences". 2001; 2: 191-206.
- DARTON-HILL; NALUBOLA, R. "Fortification strategies to meet micronutrient needs: successes and failures". *Proceeding of the Nutrition Society.* 2002; 61: 231-41.
- DAVIDSSON, L.; DIMITRION, T.; WALCZY, T.; HURRELL, R. F. Iron absorption from experimental infant formulas based on pea (*Pisum sativum*)-protein isolate: the effect of phytic acid and ascorbic acid". *Br. J Nutr.* 2001; 85: 59-63.
- DWYER, J. T.; GARCEA, A. O.; EVANS, M.; LI, D.; LYTLE, L.; HOELSCHER, D.; et al. "Do adolescent vitamin-mineral supplement users have better nutrient intakes than nonusers? Observations from the CATH tracking study". *Journal of the American Dietetic Association.* 2001; 101: 1340-6.
- ENSMINGER, A. H. "The Concise Encyclopedia of Foods and Nutrition". *Florida: Boca Raton. CRC Press;* 1995. p. 588.
- FAIRWEATHER, S. J. "Iron". *J Nutr.* 2001; 131 Suppl 4:S1383-6.
- FLEMING, R. E.; BACON, B. R. "Orchestration of iron homeostasis". *N Engl J Med.* 2005; 352(17): 1741-4.
- FRONTELA, C.; ROS, G.; MARTINEZ, C. "Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos". *ALAN.* 2008; 58 (3): 215-20.
- GALDI, M.; VALENCIA, M. E. "Stability of iron (III) chelates of nutritional interest". *J. Food Sci.* 1988; 53: 1844-7.
- GARCIA-CASAL, M. N.; LAYRISSE, M.; SOLANO, L.; BARON, M. A.; ARGUELLO, F.; LLOVERA, D.; et al. "Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans". *J Nutr.* 1998; 128(3): 646-50.

- GARCIA-CASAL, M. N.; LEETS, I.; LAYRISSE, M. "β-carotene and inhibitors of iron absorption modify iron uptake by Caco-2 cells". *J. Nutr.* 2000; 130: 5-9.
- GLAHN, R. P.; WORTLEY, G. M.; SOUTH, P. K.; MILLER, D. D. "Inhibition of iron uptake by phytic acid, tannic acid and ZnCl₂: studies using an in vitro digestion/Caco-2 cell model". *J. Agric. Food Chem.* 2002; 50: 390-5.
- GRINDER, L.; BUKAHAVE, K.; JENSEN, M.; HOJGAARD, L.; HANSEN, M. "Calcium from milk or calcium-fortified foods does not inhibit nonheme-iron absorption from a whole diet consumed over a 4-d period". *Am J Clin Nutr.* 2004; 80(2): 404-9.
- HALLBERG, L.; BRUNE, M.; ROSSANDER, L. "Effect of ascorbic acid on iron absorption from different types of meals. Studies with ascorbic-acid-rich foods and synthetic ascorbic acid given in different amounts with different meals". *Hum Nutr Appl Nutr.* 1986; 40(2): 97-113.
- HALLBERG, L.; BRUNE, M.; ERLANDSSON, M.; SANDBERG, A. S.; ROSSANDER-HULTEN, L. "Calcium: effect of different amounts on nonheme- and heme-iron absorption in humans". *Am J Clin Nutr.* 1991; 53(1): 112-9.
- ; ROSSANDER-HULTEN, L.; BRUNE, M.; GLEERUP, A. "Inhibition of haem-iron absorption in man by calcium". *Br. J. Nutr.* 1992; 69: 533-540.
- ."Does calcium interfere with iron absorption?". *Am. J. Clin. Nutr.* 1998, 68: 3.
- ; HULTEN, L. "Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron". *Am J Clin Nutr.* 2000; 71(5): 1147-60.
- . "Perspectives on nutritional iron deficiency". *Annual Review of Nutrition.* 2001; 21: 1-21.
- . "Advantages and disadvantages of an iron-rich diet". *Eur Clin Nutr.* 2002; 56:S12-28.
- HARLAND, B. F.; MORRIS, E. R. "Phytate a good or bad food component". *Nutr Res.* 1995; 15: 733-54.
- HURRELL, R. F.; LYNCH, S. R.; TRINIDAD, T. P.; DASSENKO, S. A.; COOK, J. D. "Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins". *Am. J. Clin. Nutr.* 1989; 49: 546-52.
- ; REDDY, M.; COOK, J. D. "Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages". *Br. J Nutr.* 1999; 81: 289-95.
- ; ——; JUILLERAT, M. A.; COOK, J. D. "Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects". *Am J Clin Nutr.* 2003; 77(5): 1213-9.
- JOVANI, M.; ALEGRIA, A.; BARBERA, R.; FARRE, R.; LAGARDA, M. J.; CLEMENTE, G. "Effect of proteins, phytates, ascorbic acid and citric acid on dialysability of calcium, iron zinc and copper in soy-based infant formulas". *Nahrung.* 2000; 44(2): 114-7.
- KIELY, M.; FLYNN, A.; HARRINGTON, K. E.; ROBSON, P. J.; O'CONNOR, N.; HANNON, E. M.; et al. "The efficacy and safety of nutritional supplement use in a representative sample of adult in the North/South Ireland Food Consumption Survey". *Public Health Nutrition.* 2001; 4: 1089-97.
- KIM, M.; LEE, D. T.; LEE, Y. S. "Iron absorption and intestinal solubility in rats are influenced by dietary proteins". *Nutr. Res.* 1995; 15: 1705-1716.

- KIM, M.; ATALLAH, M. T.; AMASIRWADENA, C.; BARNES, R. "Pectin with low molecular weight and high degree of esterification increases absorption of ⁵⁹Fe in growing rats". *J. Nutr.* 1996; 126: 1883-90.
- LARSSON, M.; ROSSANDER-HULTHEN, L.; SANDSTROM, B.; SANDSBERG, A. S. "Improved zinc and iron absorption from breakfast meals containing malted oats with reduced phytate content". *Br. J. Nutr.* 1996; 76: 677-88.
- LAYRISSE, M.; CHAVEZ, J. F.; MENDEZ-CASTELLANO, H.; BOSCH, V.; TROPPER, E.; BASTARDO, B.; et al. "Early response to the impact of iron fortification in the Venezuelan population". *Am. J. Clin. Nutr.* 1996; 64: 903-7
- LEVRAT-VERNY, M. A.; COUDRAY, C.; BELLANGER, J.; LOPEZ, H. W.; DERMIGNE, C.; RAYSSIGUIER, Y.; et al. "Wholewheat flour ensures higher mineral absorption and bioavailability than white wheat flour in rats". *Br. J. Nutr.* 1999; 82: 17-21.
- LYNCH, S.; GREEN, A. "Assessment of nutritional anemias". En: *Nutritional Anemias. Boca Ratón: CRC Press LLC.* 2001. p. 24-43.
- LOMBARDI-BACCIA, G.; MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; AAGGUZZI, A. "Total heme and non-heme iron in raw and cooked meats". *Journal of Food Science.* 2002, 67(5): 1738-41.
- LOPEZ, H. W.; COUDRAY, C.; LEVRAT-VERNY, M. A.; FEILLET-COUDRAY, C.; DEMIGNE, C.; REMESY, C. "Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats". *J. Nutr. Biochem.* 2000; 11: 500-8.
- LUCARINI, M.; DI LULLO, G.; CAPPELLONI, M.; LOMBARDI-BOCCIA, G. "In vitro estimation of iron and zinc dialysability from vegetables and composite dishes commonly consumed in Italy: effect of red wine". *Food Chem.* 2000; 70: 39-44.
- MACFARLANE, B. J.; VAN DER RIET, W. B.; BOTHWELL, T. H.; BAYNESS, R. D.; SIEBENGERG, D.; SCHMIDT, U.; TOL, A.; TAYLOR, J. R. N.; MAYET, F. "Effect of traditional Oriental soy products on iron absorption". *Am J Clin Nutr.* 1990; 51: 873-80.
- MANARY, M. J.; KREBS, N. F.; GIBSON, R. S.; BROADHEAD, R. L.; HAMBIDGE, K. M. "Communitybased dietary phytate reduction and its effect on iron status in Malawian children". *Ann Trop Paediatr.* 2002; 22: 133-6.
- MARFO, E. K.; SIMPSON, B.; IINDOW, J. S.; OKE, O. L. "Effect of local food processing on phytate levels in cassava, cocoyam, yam, maize, sorghum, rice, cowpea and soybean". *J Agr Food Chem.* 1990; 38: 1580-5.
- MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M. "Biodisponibilidad mineral (I): Hierro y cinc". *Rev Cienc (IEB).* 2000; 25: 23-36.
- MILLAR, A. D.; RAMPTON, D. S.; BLAKE, R. D. "Effects of iron and iron chelation in vitro on mucosal oxidant activity in ulcerative colitis". *Aliment Pharmacol Ther.* 2000; 14: 1163-8.
- MIRET, S.; SIMPSON, R. J.; MCKIE, A. T. "Physiology and molecular biology of dietary iron absorption". *Annu Rev Nutr.* 2003; 23: 283-301.
- MONSEN, E. R.; HALLBERG, L.; LAYRISSE, M.; HEGSTED, D. M.; COOK, J. D.; MERTZ, W. "Estimation of available dietary iron". *Am J Clin Nutr.* 1978; 31(1): 134-41

- MULVIHILL, B.; KIRWAN, F. M.; MORRISSEY, P. A.; FLYNN, A. "Effect of myofibrillar muscle proteins on the in vitro bioavailability of non-haem iron". *Int J Food Sci Nutr.* 1998; 49(3): 187-92.
- OLIVARES, M.; WALTER, T.; HERTRAMPF, E.; PIZARRO, F. "Anaemia and iron deficiency disease in children". *Br Med Bull* 1999; 55: 534-48.
- PALLARES, I.; CAMPOS, M. S.; LOPEZ-ALIAGA, I.; BARRIONUEVO, M.; GOMEZ-AYALA, A. E.; ALFEREZ, MJ.; HARTITI, S.; LISBONA F. *Ann. Nutr Metab.* 1996; 40: 81-90.
- PATE, R. R.; MILLER BJ.; DAVIS, J. M.; SLENTZ, C. A.; KLINGSHIM, L. A. "Iron status of female runners". *Int. J. Sport Nutr.* 1993; 3: 222-31.
- PERES, J. M.; BOUHALLAB, S.; BUREAU, F.; MAUBOIS, J. L.; ARHAN, P.; BOUGLE, D. "Reduction of iron/zinc interactions using metal bound to the caseinphosphopeptide 1-25 of β -casein". *Nutr. Res.* 1999; 19: 1655-63.
- ; —; —; NEUVILLE, D.; MAUBOIS, J. L.; DEVROEDE, G.; et al. Mechanism of absorption of caseinphosphopeptide bound iron". *J. Nutr. Biochem.* 1999; 10: 215-22.
- PURCHAS, R. W.; SIMCOCK, D. C.; KNIGHT, T. W.; WILKINSON, BHP. "Variation in the form of iron in beef and lamb meat and losses of iron during cooking and storage". *International Journal of Food Science and Technology.* 2003; 38: 827-37.
- RAMAKRISHAN, U.; NEUFELD, L. M.; GONZALEZ-COSSIO, T.; WILLAPANDO, S.; GARCIA-GUERRA, A.; RIVERA, J.; et al. "Multiple micronutrient supplements during pregnancy do not reduce enaemia or improve iron status compared to iron-only supplements in semirural". *Mexico J Nutri.* 2002; 134: 898-903.
- ROSSANDER, L.; BRUNE, M.; SANDSTROM, B.; LONNERDAL, B.; HALLBERG, L. "Competitive inhibition of iron absorption by manganese and zinc in humans". *Am J Clin Nutr.* 1991; 54(1): 152-6.
- SAMMAN, S.; SANDSTROM, B.; TOFT, M. B.; BUKHAVE, K.; JENSEN, M.; SORENSEN, S. S.; al. "Green tea or rosemary extract added to foods reduces nonheme-iron absorption". *Am. J Clin. Nutr.* 2001; 73(3): 607-12.
- SANDSTROM, B. "Micronutrient interactions: effects on absorption and bioavailability". *Br J Nutr.* 2001; 85 Suppl 2:S181-5.
- SANBERG, A. S.; BRUNE, M.; CARLSSON, N. G.; HALLBERG, L.; SKOGLUND, E.; ROSSANDER, L. "Inositol phosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans". *Am J Clin Nutr.* 1999; 70: 240-6.
- SCHOLL, T. O.; HEDIGER, M. L.; FISCHER, R. L. "Anemia vs iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study". *Am J Clin Nutr.* 1992; 55: 985-8.
- SHARMA, K. K. "Improving bioavaibility of iron in Indian diets through food-based approaches for the control of iron deficiency anemia". *Revista Alimentación, Nutrición y Agricultura.* 2003; 32: 51-61.
- TEUCHER, B.; OLIVARES, M.; CORI, H. "Enhancers of iron absorption: ascorbic acid and other organic acids". *Int J Vitam Nutr Res.* 2004; 74(6): 403-19.
- TONTISIRIN, K.; NANTEL, G.; BHATTACHARGEE, L. "Food-based strategies to meet the challenges of micronutrient malnutrition in the developing wold". *Proceedings of the Nutrition Society.* 2002; 61: 243-50.

- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. "Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability". *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1991; 1: 1-22.
- VAN DYCK, K.; TAS, S.; ROBBERECHT, H.; DEELSTRA, H. "The influence of different food components on the in vitro availability of iron, zinc and calcium from a composed meal". *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1996; 47: 499-506.
- VIDAL, M. C.; FARRÉ, R. "Evaluación antropométrica del estado nutricional y estimación de las ingestas de hierro y de vitamina C de mujeres posmenopausicas y hombres mayores de 45 años". *Nutri. Hosp* 2001; 16(5): 162-9.
- VILLEGAS, A. "New therapeutic perspectives in iron overload". *An. Med. Interna (Madrid)* [online]. 2006; 23 (11): 511-2.
- VITERI, F. E. "Iron supplementation for the control of iron deficiency in populations at risk". *Nutr Rev.* 1997; 55(6): 195-209.
- WEST, D. W. "Structure and function of the phosphopyrillated residues of casein". *J. Dairy Sci.* 1986; 53: 333-52.
- WIENK, K. J.; MARX, J. J.; BEYNEN, A. C. "The concept of iron bioavailability and its assessment". *Eur J Nutr.* 1999; 38(2): 51-75.
- WHITTAKER, P. "Iron and zinc interactions in humans". *Am J Clin Nutr.* 1998; 68 Suppl 2:S442-6.
- YIP, R. "Iron. Present knowledge in nutrition". Sixth Edition. North America: International Life Sciences Institute; 2002.
- . "Hierro". En: *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 8 ed. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud, 2003: 340-56.