


ARGI URDINAK ERAGINDAKO

KALTEAK ERAGOZTEKO

IRAGAZKI BERRIAK

FARMAZIAKO GRADUA
2022/2023 IKASTURTEA

EGILEA: Gemma Gardón Rivero

 ggardon001@ikasle.ehu.eus

ZUZENDARIA: Felix Olasagasti Arsuaga

AURKIBIDEA

1. SARRERA	3
2. HELBURUAK	3
3. GARAPENA	4
3.1. Metodologia	4
3.2. Argiaren erradiazio elektromagnetikoa	6
3.3. Kromoforoak	7
3.4. Larruazalaren propietate optikoak	9
3.4.1. Errefrakzioa	9
3.4.2. Islapena	9
3.4.3. Difrakzioa	10
3.4.4. Barreiatzea	10
3.4.5. Xurgapena	11
3.5. Argi urdina	12
3.6. Argi urdinak eragindako kalte molekularren ekintza-mekanismoak	13
3.6.1. Erradikal askeen (EA) sorrera	15
3.6.2. Hiperpigmentazioa	16
3.7. Azal motak	17
3.8. Fotobabesa	18
3.8.1. Giza gorputzaren fotobabes mekanismoak	19
3.8.2. Eguzki-iragazkien printzipio aktibo fotobabesleak	19
3.8.2.1. Iragazki kimikoak	19
3.8.2.2. Iragazki fisikoak	19
3.9. Argi urdinarengandik babesteko eguzki-iragazkiak	20
3.9.1. Biologikoak	20
3.9.2. Ez biologikoak	21
3.9.2.1. Kimikoak	21
3.9.2.2. Fisikoak	21
4. ONDORIOAK	21
5. BIBLIOGRAFIA	22

A. LABURPENA

Azken urteetan ikusi da, argi ikusgaiaren barne dagoen argi urdinak (besteak beste, pantailen argikoak) azalaren pigmentazioan eta zahartzean eragina duela. Fotobabesaren helburua gure larruazalak eguzki-erradiazioarekiko esposizioaren ondorioz jasaten dituen kalteak prebenitzea da. Larruazalak defentsa-mekanismo desberdinak ditu baina pertsonen artean bere eraginkortasuna aldatu egiten da eta ez da nahikoa izango, horregatik hainbat fotobabes estrategia garatu dira, batez ere eguerdiko orduetan, arropa eta kapela egokiekin estaltzea, betaurrekoak erabiltzea eta espektro zabaleko eguzki-produktu fotobabesleak aplikatzea, kasu bakoitzerako egokiak diren eguzki-babeseko faktoreekin, baina orokorrean erabiltzen ditugun eguzki iragazkiek ez dute argi urdinaren aurka babesten.

Luzera begira, hau kaltegarria izan daiteke, gero eta handiagoa baita argi urdina duten pantailekiko esposizioa. Hori dela eta, ikerkuntza berriak egiten ari dira iragazki berrien bilaketan.

1. SARRERA

Lan honetan ikusiko denez, argi urdinak, bereziki energia handiko argi ikusgarriak (HEV), larruazaleko zeluletan ondorio kaltegarriak sor dezake, hala nola, oxidazioa, DNA kaltetzea, eritema (gorritasuna) eta pigmentazioa aldatzea eragin ditzake, eta kalte hauek fotozahartzeari ere lotuta egon daitezke. Hori dela eta, izpi ultramoreetatik (UVB eta UVA) babesten duten eguzki-babesak ez dira nahikoak larruazalean sortzen duten kalteak saihesteko, eta espektro zabaleko iragazkiak eskaintzen duten fotobabesleak dituzten produktuak behar dira. Argi urdinak eragindako efektuak azalduondoren fotobabesle hauek zein izan daitezkeen ere azalduko dut.

2. HELBURUAK

- 2.1. Argi urdinak larruazalean dituen eraginak berrikustea.
- 2.2. Argi urdinak larruazalean eragiten dituen kalteen aurrean dauden konponbideak berrikustea eta horien artean argi urdinaren aurkako iragazkiak kokatzea.
- 2.3. Argi urdinaren aurkako iragazkien inguruko azken ikerketen emaitzak biltzea.
- 2.4. Argi urdinak larruazalean eragin ditzakeen kalteak eragozteko iragazkien ikerketaren etorkizuneko pausoak zehaztea.

3. GARAPENA

3.1. METODOLOGIA

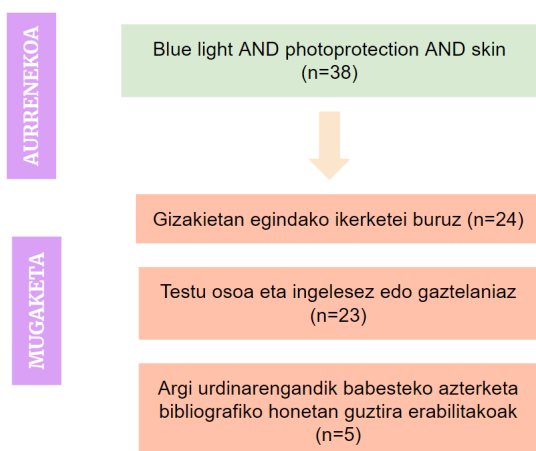
Lan bibliografiko hau burutzeko artikuluak aukeratzeko momentuan erabili diren irizpideak hauek izan dira:

- **Artikulu bakoitzaren egokitasuna ebaluatu da**, gradu amaierako lanari dagokionez (GrAL-a). Datu-base zientifikoak erabiltzean, horiek izan dira hautatutako artikuluen kalitatea ziurtatzeko erabili diren inklusio- eta baztertze-irizpideak.
 - **Gaia eta ikuspegia:** hasieratik artikuluak gradu amaierako lanaren gaia lantzen dutela ziurtatu da, kontuan hartuz artikuluen edukia egokia dela lanaren helburuetarako. Horretarako, izenburua, laburpena eta gako-hitzak irakurri dira, artikuluak aztertu beharreko alderdietara bideratzen diren zehazteko. Edukiak helburuekin lotura estua duen aztertu da.
 - **Garrantzi kontzeptuala:** artikuluak lanerako garrantzitsuak diren ideia eta kontzeptuak aurkezten dituen ebaluatu da. Eztabaidatu diren ikuspegi teorikoak edo kontzeptu-esparruak lanean aztertzeko ikuspegiarekin bat datozen egiaztatu da. Beraz, GrAL honen gaiarekin zuzeneko loturarik ez duten artikuluak baztertu dira. Informazio eta ezagutza egokiak ematen dituzten haietan jarri da arreta.
 - **Argitalpen mota:** aldizkari zientifikoetan argitaratutako artikulu akademikoetara eman zaie lehentasuna, artikulu horiek berrikuste- eta hautatze-prozesuak izaten baitute, eta horrek kalitate-maila handiagoa bermatzen du bestelako argitalpen batzuen aurrean.
- Gradu amaieraren lanerako artikuluen **argitalpen-data** kontuan hartuta artikulu berrienak aukeratu dira eta honela, GrAL-aren gaiari buruzko informazioa eguneratua eta garrantzitsua izaten lagundu dit.

Irizpide hauek kontuan hartuta, lan bibliografiko hau burutzeko datu-base ezberdinez baliatu da, horien artean, Pubmed, Web of Science edo Google Scholar. Beharrezko informazioa lortzeko, ondoko hitz gakoak erabili dira: “electromagnetic radiation”, “skin”, “blue light”, “ionizing radiation”, “photon”, “optical properties”, “melanin”, “hemoglobin”, “photoprotection” eta “phototype”. Kasu guztietan AND operatzaile boolearra erabili da artikuluak bilatzeko. Kontzeptu nagusi gisa “electromagnetic radiation” AND “skin” erabili dira, hizkuntzaren murrizketa bat egin da, ingelesez eta gaztelaraz idatzitako artikuluak bakarrik aukeratu baitira, azkeneko hogeitun argitaratuak hautatu dira. testu osoa dutenak eta gizakietan

egindako ikerketak hautatu dira, guztira 12.614 artikulua ezberdin aurkitu dira. Ondoren, bilaketa zehatzagoa egin da, non kontzeptu nagusiari AND operatzaile boolearra erabiliz hitz gako desberdinak gehitu dira. Lehenik, “blue light” hitza gehituz, 296 artikulua aurkitu dira, eta horietatik 28 artikulua erabili dira. Ondoren, prozesu berdina erabili da beste artikulua bilatzeko. “Ionizing radiation” eta “photon” hitzak gehituz 114 artikulua ezberdin aurkitu dira eta horietatik 7 artikulua erabili dira. “Optical properties” hitzak erabiliz 152 artikulua aurkitu dira eta horietatik 5 erabili dira. “Melanin” eta “hemoglobin” hitzak erabiliz 26 artikulua aurkitu dira eta horietatik 3 erabili dira. Eta azkenik, “photoprotection” eta “phototype” hitzak erabiliz 47 artikulua aurkitu dira eta horietatik 2 erabili dira. Erabili diren hitzei esker, gaiarekin lotura zuzena duten artikulua identifika daitezke. Ikerketaren egungo egoera islatzen duten artikulua aukeratu dira. Prozesua 2023-ko urtarrilean burutu zen.

“Argi urdinarengandik babesteko eguzki iragazkien” zatia egiteko ere sarbide publikoa duen PubMed datu basean dauden artikulua erabili dira. Ondorengo hitzak erabili dira artikulua bilatzeko: “blue light”, “photoprotection” eta “skin”. Ondoren, AND antolatzailea erabili da bilaketa mugatzeko. Horrela, 38 artikulua ezberdin aurkitu dira eta horietatik 24 dira gizakietan egindako ikerketei buruzkoak. Azkenik, testu osoa dutenak eta ingelesez edo gaztelaniaz daudenak hautatu dira (23 artikulua), eta azkeneko bost urteetan argitaratuak hautatu dira, guztira 15 artikulua. Horrela hitz gakoak, antolatzaileak eta adierazitako filtroak erabiliz, ikerketa bibliografiko hau egiteko aurkitutako artikulua horietatik 5 erabili dira, gako hitzak sartu arren ez zirelako baliagarriak eta lanaren gaiarekiko lotura nahikorik ezagatik, hautatu gabeko artikulua ez zuten lotura nahikorik lan honetako atal horretan azaldu beharreko gaiarekin. (1. Irudia).



1. irudia. PubMed datu basean “Argi urdinarengandik babesteko eguzki iragazkien” zatia egiteko bibliografia eskuratzeko jarraitutako pausuen eskema orokorra.

3.2. ARGIAREN ERRADIAZIO ELEKTROMAGNETIKOA

Eguzkiak zenbait erradiazio elektromagnetiko mota igortzen ditu. Batzuk atmosfera zeharkatzen dute eta beste batzuek ez. Uhin elektromagnetiko horiek deskribatzeko funtsezkoak diren hiru parametro erabiltzen ditugu: uhin-luzera, maiztasuna eta energia.¹

- **Uhin luzera (λ):** modu berean bibratzen ari diren bi punturen arteko distantzia da eta luzera-unitatetan neurtzen da (m).
- **Maiztasuna (f):** segundoko oszilazio kopurua da eta hertzetan neurtzen da (Hz).
- **Energia (E):** erradiazio batek garraiatutako energia elektromagnetikoa da eta Juliotan (J) edo elektronboltiotan (eV) neurtu daiteke.

Erradiazio elektromagnetikoaren maiztasuna eta uhin-luzeraren arteko erlazioa alderantzizkoa da, aldiz, energia eta maiztasuna zuzenki proportzionalak dira; hau da, uhin-luzera zenbat eta txikiagoa izan haren maiztasuna eta energia handiagoa izango da.

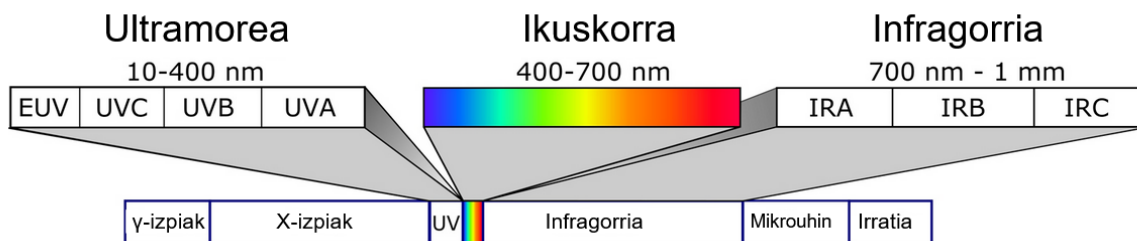
Erradiazio elektromagnetikoa fotoiez osatuta dago. Fotoi baten energia-kantitatea datorren erradiazioaren maiztasunarekiko zuzenki proportzionala izango da; beraz, maiztasun handiko erradiazioak (edo uhin-luzera txikikoak bi aldagai horiek elkarrekiko alderantziz proportzionalak baitira) maiztasun txikikoak (edo uhin-luzera handikoak) baino energia-eduki handiagoko fotoiek osatzen dituzte. Fotoien energiaren arabera, mota desberdinekoak egongo dira; hala nola, irrati-uhinak, mikrouhinak, infragorria (IR), ikuskorra (AI), ultramorea (UV), X-izpiak (XR) eta γ -izpiak.² (2. Irudia).

Lurreko atmosfera zeharkatzen duten eguzki-erradiazioaren balioak honela banatzen dira: erradiazio infragorria % 42 (IR, 760-1000 nm), argi ikusgaia % 52 (400-760 nm) eta erradiazio ultramorea % 6 (UV, 280-400 nm).³

Ikuspegi biologiko batetik, erradiazioa bi taldetan sailkatzen da: erradiazio ionizatzaileak eta ez-ionizatzaileak. Erradiazio ionizatzailea atomo edo molekuletatik elektroiak erauzteko gai den energia duen erradiazio mota bat da. Beraz, erradiazio mota honek materiarekin edo izaki bizidunekin elkarreragina duenean, maila atomikoan aldaketak gertatzen dira. Erradiazio ionizatzailearen adibideen artean, X izpiak eta gamma izpiak daude.⁴

Erradiazio ez-ionizatzailea intentsitate txikiagoko erradiazio mota bat da, zeinaren energia ez baita nahikoa materia edo izaki bizidunak osatzen dituzten atomo edo molekuletatik elektroiak erauzteko. Hala ere, bere energiak molekula horiek bibratzea eragin dezake eta

bibratio horrek beroa sor dezake. Erradiazio ez-ioniztzailearen adibideen artean, irrati-uhinak, mikrouhinak, izpi infragorriak, argi ikusgaia eta izpi ultramoreak egongo dira.¹



2. irudia. Eguzki argiaren espektroa. UVR, argi ikusgaia eta IR erradiazio ez ioniztzaile optikoa dira. UVR espektroa hainbat zatitan banatzen da: UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm), UVC (200-290 nm) eta muturrekoa (EUV; 10-120 nm). Aldi berean, argi ikusgaia kolorearen arabera zatitu daiteke: urdina/morea (400-500 nm), berdea (500-565 nm), horia (565-590 nm), laranja (590-625 nm) edo gorria (625-700 nm). Azkenik, IR hiru zatitan banatzen da: IRA (IR hurbila; 700-1440 nm), IRB (IR erdikoa; 1440-3000 nm) eta IRC (IR urruna; 3000 nm - 1mm).²

UV izpiak hirutan banatzen dira, uhin-luzeraren arabera: UVC, UVB eta UVA. UVCak ozono-geruzak iragazten ditu. Gure larruazalera ailegatuko balira, oso kaltegarriak izango liriateke, oso energetikoak baitira. UVBak ez dira asko barneratzen larruazalean (epidermisan geratzen dira), baina nahiko energetikoak dira (UVAk baino 1.000 aldiz energetikoagoak). Efectua kronikoa edo intentsitate altukoa bada, larruazaleko minbizia izateko aukera dago. UVAek uhin-luzera handiagoa dute, eta, beraz, energia gutxiago; horregatik, gehiago barneratzen dira (dermiseraino).⁵ Esposizio kronikoak zahartze progresibo eta goiztiarra eragiten du (fotozahartzea), eta minbizia ere eragin dezake. Gainera, fototoxikotasunen eta alergien eragileak dira UVA izpiak.⁶

3.3. KROMOFOROAK

Larruazalaren kromoforoak UV erradiazioa eta argi ikusgaia xurgatzen dituzten eta larruazalean eragin biologikoak eragiten dituzten molekula espezifikoak dira. Egitura molekularren arabera, molekula horiek uhin-luzera desberdinak xurgatzen dituzte.⁹ Erradiazioa kromoforoetara iristen denean, fotoien energia xurgatuko dute eta horrek oinarriko atsedeen-egoetatik eszitazio-egoera batera igarotzen da eta berrantolaketa molekularra sortzen du.² Egoera horrek energia berehala askatzen du, beroa edo argia

(fluoreszentzia edo fosforeszentzia), inguruko molekulekin ekintza bat sortu duten (erreakzio fotokimikoak) eta honen arabera ondorio kaltegarriak edo onuragarriak ekarriko ditu.⁷ Zenbat eta handiagoa izan fotoi baten energia, orduan eta handiagoa izango da energia-interakzioa gertatzeko probabilitatea. Honen arabera, energia handiagoko fotoiek energia gehiago daukate larruazaleko molekuletara transferitzeko, eta aldaketa handiak eragin ditzakete elektroien energia-egoeran eta bibrazio molekularretan.^{2,3}

Lehen esan bezala, fotoi baten energia haren uhin-luzerarekiko alderantziz proportzionala da. Fotoien energiak lotura zuzena du azalean xurgatzen den erradiazioarekin. Erradiazio elektromagnetikoaren uhin luzeraren arabera, fotoien energia txikiagoa edo handiagoa izango da. Uhin luzera tarte hauetan, uhin luzera txikiagoko erradiazioa gehiago xurgatzen da fotoien energia handiagoa delako eta beraz gutxiago sartuko da azalean, hau da, epidermisera helduko da. Uhin luzera handiagoko erradiazioa gutxiago xurgatuko da fotoien energia txikiagoa baita eta beraz sakonago irits daiteke, hau da, dermisera.⁸

Xurgapena gertatzen da fotoien energia bat datorrenean molekulen elektroiak kitzikatzeko behar den energiarekin. Beraz, larruazala xurgatzeko gaitasuna bertan dauden osagai molekularrek eta haien propietate fisikoek zehazten dute.³

Uhin-luzera, sartze-sakonerarekiko zuzenki proportzionala da baina energiarekiko alderantzizkoa da. Horren arabera, argi urdinak argi gorriak baino energia handiagoa dauka baina barneratze txikiagoa izango du. Larruazaleko aldaketa patologikoen, edema, eritema, pigmentazioa eta fibrosia barne, argiaren sartzea aldatu dezakete kromoforoen kontzentrazioa eta ehunen dentsitatea aldatuz.²

Eguzki-iragazki batzuen oinarri fotobiologikoa kromoforoak dira eta hesi-ekintza gisa jokatzen dute. Hauek argiaren uhin-luzera jakin batzuk azalarekin kontaktuan jartzea eragozten dute.¹⁰

Keratina eta kolageno proteinak, melanina eta hemoglobina pigmentuekin batera, barreiatze- eta xurgatze-prozesuen bidez uhin-luzeraren arabera argia pasatzen uzten duten azalaren osagai nagusiak dira. Bigarren mezularien estimulazio jarraituak, oxigeno-espezie erreaktiboak (ROS), adenosina-trifosfatoa (ATP), oxido nitrikoa eta adenosin monofosfato ziklikoa (cAMP) barne hartzen dituenak, ehunen hantura, hazkundera eta leheneratzea erregulatzea eragiten du. Al-ren kasuan, melanina-, hemo- eta opsina-hartzaileak (OPN) dira kromoforo nagusiak.²

3.4. LARRUAZALAREN PROPIETATE OPTIKOAK

Larruazalak eguzki-erradiazioarekin elkarreragina du eta nolabaiteko babes-maila ematen du bere geruzei esker, hauek propietate optikoak ematen baitizkiote.¹¹ Larruazalera iristen den erradiazioa ozono geruzaren, eguzkiaren posizioaren, latitudearen, altitudearen, hodeien eta lurzorua islatzen duen arabera da. Aldiz, UV, AI eta IR-ren efektu fotobiologikoak uhin-luzeraren, maiztasunaren eta ekintza-mekanismoaren arabera dira, eta larruazaleko geruza korneoa, epidermis eta dermisaren lodiera, egitura, baskulatura eta pigmentazioa aldatzen dituzte.⁸

Larruazaleko geruza korneoak eta epidermisak hesi optiko gisa jokatzen dute, batez ere erradiazioa xurgatuz eta, neurri txikiagoan, dispersio optikoaren bidez. Sartze optikoaren sakonera dermisak zehazten du neurri handi batean. Uhin-luzera laburragoa eta energia altuagoa duen erradiazio optikoak uhin-luzera luzeagoek baino barneratze-ahalmen txikiagoa du, eta horrek esan nahi du azaleko geruza sakonenei ez diela berdin eragiten. Erradiazio infragorriko uhinek larruazalean sartzeko gaitasun handiagoa dute AI eta UVR uhin-luzera laburragoek baino.⁸

Ehun biologikoak aztertzen zailak dira erradiazio optikoen aurrean, inguru ez-homogeneo gisa jokatzen dutelako, hau da, egitura eta osaera ez dira uniformeak, eta ehunaren norabidearen arabera propietate desberdinak dituzte.¹⁵

3.4.1. Errefrakzioa

Erradiazio elektromagnetikoak inguru batetik beste batetara pasatzean jasaten duen abiadura aldatzen da. Aldi berean, argiaren hedapen norabidea ere aldatzen da. Hemen argiak ingurunea zeharkatzen du.¹²

3.4.2. Islapena

Errefrakzio-indize desberdinak dituzten bi zelula-egituren arteko mugan gertatzen da islapena, hala nola larruazaleko mintzetan, keratohialina duten granulu basofiloetan eta melanosometan.¹² Aldaketa hori bi ingurune banatzen dituen espazioan gertatzen da, eta, horren ondorioz, uhina jatorrizko ingurunera itzultzen da. Hemen argiak ez du biderik zeharkatzen.¹³

Larruazalaren islatze-maila pertsonaren larruazal-motaren arabera da. Azalak melanina gehiago duenean, azalaren islakortasuna txikitu egiten da. Melanina UV-AI eskualdeko uhin elektromagnetikoak xurgatzeko gaitasuna duen pigmentua da. Xurgatzen eta barreiatzen ez

den argia islatu egingo da. Beraz, zenbat eta melanina gehiago izan larruazalean, orduan eta argi gutxiago islatuko da.⁴⁹

3.4.3. Difrakzioa

Difrakzioa uhinen fenomeno bereizgarria da, uhinen desbideratzean oinarritzen dena, oztopo bat aurkitzean edo zirrikitu bat zeharkatzean. Hemen argiak ez du erdigunea zeharkatzen, baina inguratzen duela esan genezake. Hau da, objektu baten ertzerantz iristean, desbideratu egiten da eta objektuaren beste aldean okupatzeko joera du. Sakabanatzearekin ez bezala, difrakzioaren bidez uhin-luzera luzeagoak (gorriak) desbideratzen dira.¹⁹

3.4.4. Barreiatzea

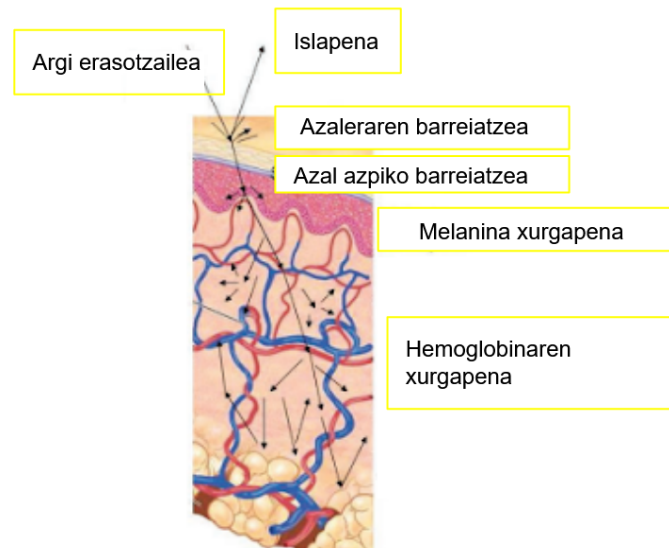
Barreiatzea argiaren fasean, norabidean edo polarizazioan gertatzen den aldaketa deskribatzen du. Barreiatzea argiaren errefrakzioaren ondorio bat da. Beraz, hemen ere argiak ingurune bat zeharkatzen du, baina gainera uhin-luzera ezberdinetan deskonposatzen da. Uhin-luzera luzeenak (gorriak) luzera laburren (urdinak) baino gutxiago desbideratuko dira.¹⁵ Lipidoak eta azaleko proteinak dira argia barreiatzeko partikula nagusiak. Lipidoak korneo geruzan, zelula-mintzetan eta zelula-barneko partikuletan daude. Proteinak, aldiz, keratina eta melanina epidermisan daude eta kolageno eta elastina zuntzak dermisan daude.¹⁶

Barreiatzea larruazaleko epidermisan gertatuko da, zehazki geruza korneoan, eta modu aldakorrean gertatuko da. Geruza korneoan, melanozitoak eta keratinozitoak aurkitzen ditugu. Melanozitoek melanina ekoizten dute, hau da, larruazalari kolorea ematen dion pigmentua. Aldiz, keratinozitoek keratina sortuko dute, larruazalari zurruntasuna ematen dion proteina.¹⁷ Melanina izango da eguzki-argitik babesten gaituen pigmentua. Melanina inguruko keratinozitoetara askatzen da melanosoma beraren bidez eta haren nukleoan kokatuko dira eguzki-erradiazioaren ondorio kaltegarrietatik babesteko.³³ Kasu honetan, melaninak eguzki-argia barreiatzeko duen ekintza-mekanismoa haren egitura kimiko eta fisikoan oinarritzen da. Melanina eguzki-erradiazioa xurgatzeko ahalmen handia duten kate polimerikoz osatuta dago. Eguzki-izpiek azalean sartzerakoan, melaninak argia hainbat norabidetan barreiatuko du larruazalaren zuntzetan zehar, eta horrela azalaren geruza sakonenetan sartzen den argi-kantitatea murriztuko du.¹⁸

3.4.5. Xurgapena

Xurgapena kromoforoek zuzentzen dute nagusiki. Kromoforo horiek argia uhin-luzera desberdinetan hartzen duten egiturak dira, eta xurgapena larruazalaren geruza desberdinetan dauden elementuen lodiera eta kantitatean oinarritzen da.¹⁴ Argi ikusgaiaren espektroaren barruan, larruazalaren kromoforo nagusiak melanina eta hemoglobina dira.²⁰

Epidermisean melanina izango da argi-xurgatzaile nagusia; dermisean, aldiz, hemoglobina. Hemoglobina molekula bat 4 azpiunitatez osaturik dago, 4 globinaz. Globina azpiunitate bakoitzean hemo talde bat dugu, hauei lotuta oxigenoa. Hemoglobina ugariena A hemoglobina da (Hb A) eta bere hemo taldea, burdin-fotoporfirina IX aitzindaria duena, odolean argia xurgatzearen erantzulea nagusia da.²¹ (3. Irudia)



3. irudia3. irudia. Argi ikusgaiaren bide optikoa azalean zehar. Argi ikusgaiaren zati bat errefraktatuko da eta beste guztia larruazalera sartuko da. Larruazalean hainbat kromoforo egondo dira eta argi ikusgaia nabarmenki xurgatuko dutenak hemoglobina eta melanina izango dira. Xurgatzen ez den fotoien energia barreiatu egingo da (22-tik itzulia).²²

3.5. ARGI URDINA

Orain arte, argiaren ondorio kaltegarriak erradiazio ultramorean (UV) oinarritu dira nagusiki. UVB-ak ez dira asko barneratzen larruazalean (epidermisan geratzen dira), baina nahiko energetikoak dira (UVAk baino 1.000 aldiz energetikoagoak). UVA-ek uhin-luzera handiagoa dute, eta beraz, energia gutxiago; horregatik, gehiago barneratzen dira (dermiseraino). Argi ikusgaiak, aldiz, erradiazio ultramoreak (UV) baino energia gutxiago du eta dermisera baino urrunago irits daiteke. ²³

Hau gertatzen da uhin luzera tarte hauetan, uhin luzera handiagoko erradiazioa gutxiago xurgatzen delako eta beraz sakonago irits daiteke. Uhin luzera txikiagoko erradiazioa gehiago xurgatzen da eta beraz, gutxiago sartzen da. ²⁴

Argi urdina UV erradiazioetatik hurbilen dagoen espektro ikusgaiaren eremua da, eta 400-495 nm bitarteko uhin-luzeraren artean dago ²³ eta 0,07-1 mm artean sar daiteke. ²⁴

Argi ultramorearen energia-iturria eguzki-argia da, eta beraz, egunez baino ezin da lortu; aldiz, argi urdina iturri artifizialen bidez ere transmititu daiteke, besteak beste, ordenagailuen, telefonoen, telebisten eta argia igortzen duten diodoen bidez (LED). Azkenean, gizakiak argi urdinaren eraginpean gaude gau eta egun; beraz, argi urdina faktore garrantzitsua da gaur egungo pertsonen osasunean. ²

Modu artifizialean ekoiztutako kantitatea eguzki-erradiazioetik datorrenarekin alderatuta txikia bada ere, argiztapen-teknologia horien agerpenak iraultza digital bat sortu du, geroz eta gehiago erabiltzen direlako, eta horren ondorioz, erradiazio horiekiko esposizio jarraitu eta luze horrek larruazalean eragin eta kalteak sor ditzake. ⁴

Zelulen funtzionamenduari eragiten dioten eta larruazalean kalteak eragin ditzaketen eguzki-argiaren uhin-luzera bat baino gehiagori dagozkion ftohartzailleak identifikatu dira, eta seinaleztapen-mekanismoak argitu dira. ²⁵

Azkenik, larruazal motak eta horien ezaugarriak deskribatuak daude eta horiek kontuan izan behar dira eguzki-erradiazioetik babesteko gure gorputzak dituen mekanismoak ulertzeko eta bai kalte molekular horiek murrizteko eguzki-iragazkien osagaiak eta motak aukeratzekoan ere. ³³

3.6. ARGI URDINAK ERAGINDAKO KALTE MOLEKULARREN EKINTZA-MEKANISMOA

3.6.1. Erradikal askeen (EA) sorrera.

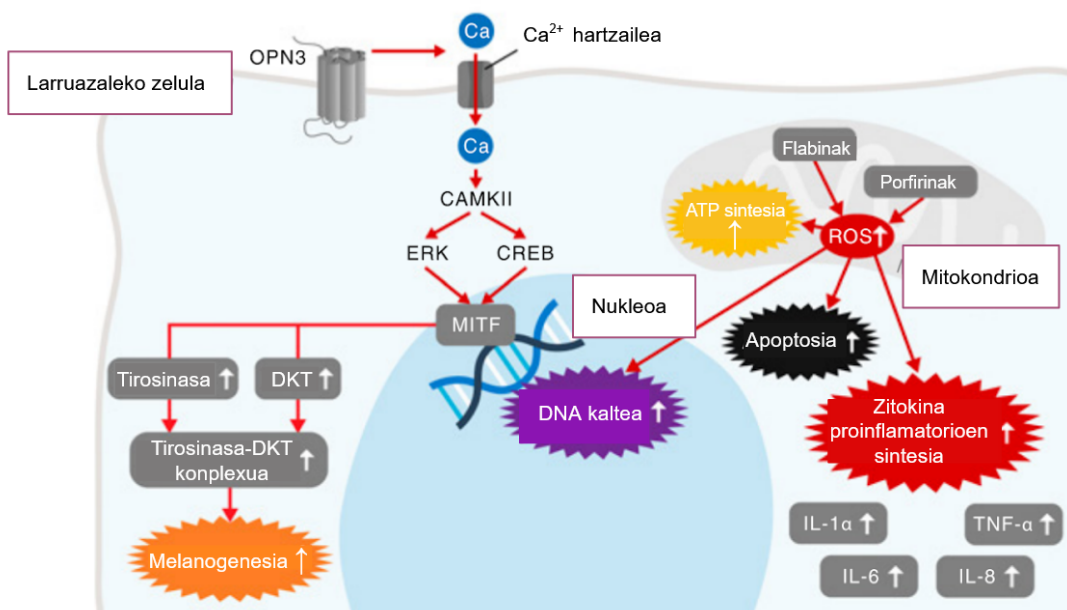
Erradikal askeak bitarteko konposatu erreaktiboak dira, kanpoko orbitalean elektroizolatu bat dute eta inguruko beste konposatu batzuekin azkar eta kontrolik gabe erreakzionatzeko joera areagotzen dute.²⁵ Egoera horretan, elektroiziferentzia bat dago, parte hartzen duten molekulen erredukzioa (elektroiziferen irabazia) eta oxidazioa (elektroiziferen galera) dakarrena.²⁶

Estres oxidatiboa eragiten dute mitokondrioetan eta horren ondorioz erradikal askeak (EA) sortu. Erradikal askeek kolageno-zuntzak suntsitzen dituzte, eta, ondorioz, zahartze goiztiarra bultzatzen dute. Aldi berean, DNA kaltetu dezakete eta kartzinogenesisia eragin.²⁶ Erradikal askeen sorrera %4 UVBengatik, %46 UVAengatik eta %50 argi ikusgaiarengatik da.²⁷

Kromoforoak aktibatzen direnean (flabina, porfirina, proteina nitrosatuak eta opsina) estres oxidatiboa gertatuko da eta oxigeno-espezia erreaktiboen (ROS) eta nitrogeno-espezia erreaktiboen (adibidez, oxido nitrikoa (NO)) sorkuntza izango da keratinozitoetan.^{28, 29}

ROS-en sorrera 360 nm eta 470 nm-ko uhin luzeraren artean gertatzen zela ikusi da, beraz, argi urdina kaltegarria izango da prozesu honetan. Argi urdinak eragindako erradikal askeen gainprodukzioa eragiten duten kromoforo nagusiak adenina dinukleotidoak (FAD) eta flabina mononukleotidoak (FMN) eta porfirina (hemo taldea) dira.^{28, 29}

Flabina keratinozitoen eta melanozitoen mitokondrioan kokatuta egongo dira²⁹ eta erradiazioaren eraginpean jartzen direnean, superoxido kantitatea bikoiztuko dute ROS sortzen direnean. Superoxidoa, erradikal anioniko oso erreaktiboa da eta hidrogeno peroxido bihurtuko da.²⁵ Superoxidoaren ekoizpenak eragin handia izango du larruazalaren fotozahartzean eta kartzinogenesisian. Era berean, ROSen sorrerak geruza korneoan dauden zelulei kaltetu ditzake. Melanogenesisia areagotuko da eta hiperpigmentazioa eta melasma eragin.³⁰ (4. irudia).



4. irudia. Argi urdinarekin interakzionatzen duten zelula-fotohartzaileen diagrama. OPN3 hartzaileak Ca^{2+} estrazelularren sarrera eragiten du. Honek erakusten du kaltzioarekiko menpekotasuna duela. AMPz-II-ak ERK / CREB bidea aktibatzen ditu, eta azkenean, MIF fosforilazioa eragiten du, tirosinasa eta dopakromo tautomerasa aktibatzen dituena eta melanogenesisa sortu. Aldi berean, mitokondrioan dauden flabinak eta porfirinak erradikal askeen sorrera eragingo dute. EA-ek ATP-ren sintesia murriztu, apoptosia handitu, zitokina proinflamatorioen sintesia (IL-1, IL-6, IL-8 eta TNF- α) igoko dute eta DNA nuklearrean kalteak sortu.²⁹

Dermisean, argi urdinak oxido nitrikoaren askapena eragiten du. NO-ak anioi superoxidoarekin (O_2^-) errektionatzen du eta peroxinitrito (ONOO-) erradikal askea sortu. Oxigeno eta nitrogeno espezie errektiboek DNA kaltetzen dute eta erantzun immunitarioa modulatzeko dute, hanturaren aldeko zitokinen sintesia areagotuz (IL-1, IL-6, IL-8 eta TNF α).²⁹

Oxigeno-espezie errektiboek (ROS) eragina daukate beta hazkuntza-faktorearen (TGF- β) adierazpenean eta jardueran. Funtzio anitzeko hazkuntza-faktore bat da TGF- β , eta funtsezko zeregina du zenbait zelula- eta ehun-prozesu erregulatzeko, zelulaz kanpoko matrizearen ugaritzea, desberdintzea eta ekoizpena barne. Larruazalean, TGF- β -ak ondorio garrantzitsuak ditu kolagenoaren sintesi eta birmoldaketan.⁴⁶ ROS maila altuak estres oxidatiboa eragingo du eta horrek seinaleztapen-bideak aktibatuko ditu, larruazalean TGF- β -ren adierazpena eta askapena areagotu eta aldi berean, kolagenoaren egitura aldatu.

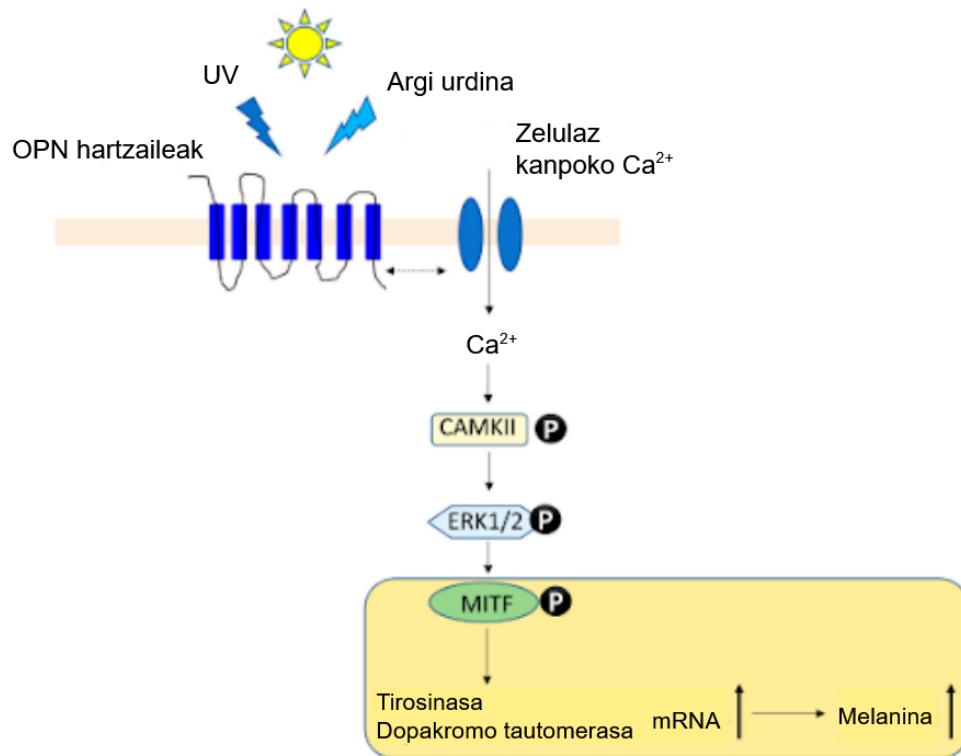
Aldi berean, oxigeno-espezie erreaktiboek (ROS) eragina izan dezakete MMP-1-ak (Metaloproteinasa 1ak) azalean duten adierazpenean eta jardueran. MMP1-ren aktibitatea handituko da ROS eragindako estres oxidatiboarengatik. Honen arabera, larruazaleko zeluletan (keratinozitoetan eta fibroblastoetan, esaterako) MMP-1-ren adierazpena sustatzen duten seinaleztapen-bideak aktibatuko dira eta zelulaz kanpoko matrizearen osagaien degradazio handiagoa gertatuko da, hala nola, kolagenoarena eta elastinarena. Horrek azalaren zahartzea eta elastikotasuna galtzea handituko du.^{27, 45}

3.6.2. Hiperpigmentazioa.

Hiperpigmentazioaz arduratzen diren ftohartzaileak opsinak (OPN) izango dira.²⁴ Opsinak G proteinei loturiko hartzzaileak dira eta hainbat motatakoak daude adierazten diren lekuaren eta xurgatzen dituzten uhin luzeraren arabera.²⁶ UVRk edo argi urdinak OPN ftohartzaileak aktibatzen ditu.³¹ Epidermisan gehien daude opsinak hirugarren motatakoak dira (OPN 3), keratinozitoetan eta melanozitoetan.²⁵ OPN 3 kaltzioaren menpeko ftohartzaileak dira eta aktibatzerakoan kaltzioa askatuko dute. Kaltzioak AMPz-II aktibatuko du, eta honek ERK eta CREB bideak aktibatzen ditu tirosinasa eta dopakromo tautomerasa entzimak aktibatzeko, MITF fosforilazioaren bidez. Entzima hauek tirosinasa aminoazidoaren (melaninaren aitzindaria) hidroxilazioa katalizatzen dute, melanina sortu eta aldi berean, transkripzio genikoa aldatzen dute.^{24, 26} (4 eta 5. Irudiak).

Lehen esan dudan bezala, melanosometan gertatzen da melaninaren sintesia. Melanosomak melanozitoek ekoiztutako pigmentuak gordetzen dituzten bakuolak dira. Eratutakoan, melanosomak ondoko keratinozitoetara pasatzen dira, melanozitoen dendritetatik garraiatuta. Keratinozitoetan daudenean, melaninak keratinozitoen nukleoaren inguruan kokatzen dira, material genetikoa eguzki-erradiazioaren efektutik babesteko. Larruazal zurian, melanosomak azkar paketatzen dira lisosometan, degradatuak izateko. Larruazal beltzean eta ilean, aldiz, melanozitoak ez dira digeritzen, eta keratinozitoetan mantentzen da melanina.²⁷

Proteina konplexu handiagoak aurkitu dira larruazal beltzean. Honen ondorioz, melanozitoetan tirosinasaren estimulazioa handiagoa izango da, tirosinasa multimerikoaren eraketa eragingo du eta beraz, lotura dermoepidermikoan melanozito ugari egongo dira eta melanina gehiago ekoiztuko da.^{9, 25} Honen ondorioz, argi urdina melasmaren faktore larria dela esan dezakegu. Melasma aurpegiko hiperpigmentazio melanozitikoa da, epidermisaren mailakoa (melanozito gehiago egongo dira).²⁹



5. irudia. Fotohartzailearen, OPNen eta horien azpiko seinaleen ikuspegi orokorra melanozitoan. UVRk edo argi urdinak melaninaren sintesia eragiten du melanozitoen ondorengo mekanismoaren bidez. UVRk edo argi urdinak OPNak fotohartzaileak aktibatzen ditu, eta Ca²⁺ estrazelularraren etorrera eragiten du. Honek kaltzioarekiko menpekotasuna erakusten du. AMPz-II-koak ERK eta CREB bideak aktibatzen ditu, eta azkenean, MITF fosforilazioa eragiten du, melanogenesi entzimak (tirosinasa) eta dopakromo tautomerasa aktibatzen dituena.³¹

3.7. AZAL MOTAK

Bi melanina mota daude: eumelanina eta feomelanina. Eumelaninak feomelaninak baino efektu fotobabesle hobea du. Eumelanina, larruazal iluna duten pertsonetan egongo da proportzio handiagoan; UV aurkako iragazki ona da eta erradikal askeen ezabatzailea ere bada. Feomelanina larruazal argia duten pertsonetan dago batez ere; UV iragazki moduan ez da hain eraginkorra, eta fotosensibilizatzaile endogeno gisa jarduten du, anioi superoxidoak sortzen baititu.^{32, 33, 34}

UVR-rekiko sentsibilitatea jakiteko fototipoak erabiltzen dira. Horretarako Fitzpatricken kategorizazioa erabiltzen da, gizabanako batek eguzki-erredurak izateko duen joeran eta

tonu beltzaranak eskuratzeko gaitasunean oinarrituta.⁴⁷ Sei fototipo mota bereizten dira beltzarantze ahalmenaren arabera. (1. Taula).⁴⁸

*Taula 1. Azal moten sailkapena Fitzpatrick kategorizazioaren arabera. Sei fototipo desberdin egongo dira beltzarantze ahalmenaren arabera. Fototipo bakoitzak melanina edukiaren eta UV-arekiko esposizioaren arabera ezaugarri desberdinak izango dituzte.*⁴⁷

FOTOTIPOA	EZAUGARRIAK	
	Definizioa	Larruazalaren erreakzioa UV argiaren gehiegizko esposizioarekin
MOTA I	Gehienetan ilegorria. Azal oso zuria	Beti erretzen da. Ez da beltzarantzen.
MOTA II	Gehienetan ilehoria. Azal argia	Azkar erretzen da. Zailtasunez beltzarantzen da.
MOTA III	Beltz edo gaztaina-koloreko ilea. Azal pixka bat ilunagoa.	Batzuetan erretzen da. Batzuetan beltzarantzen da.
MOTA IV	Ile iluna. Azal iluneko europarra.	Gutxitan erretzen da. Ondo beltzarantzen da.
MOTA V	Ile iluna. Azal asiarra, indiarra	Gutxitan erretzen da Oso ondo beltzarantzen da.
MOTA VI	Ile iluna. Azal beltza.	Ez da erretzen. Beti beltzarantzen da.

3.8. FOTOBABESA

Eguzki-iragazki bat eguzki-erradiazioen barneratze-ahalmena gelditzeko gaitasuna duen edozein substantzia da. Iragazkiek eguzkiaren erradiazioa xurgatu, islatu eta sakabanatzen dute.³³ Fotobabesle batek eritema eta erredura ekidin behar ditu (UVBetatik babestu), fotozahartzeari eta fototoxikotasunari aurre egin (UVAtik babestu), eta egonkorra izan behar du argi eta tenperatura altuetan.³⁵

UVR izpiekiko sentikortasuna eta eguzki-babesen eraginkortasun fotobabeslea bi parametro nagusiren bidez zehazten da. SPF (sun protection factor) iragazki batek emandako babesa neurtzen du eritemaren aurka, eguzki-babesarekin edo gabe gutxieneko eritema bat (gorritzea) gertatzeko behar den denboraren ehunekoa. Faktore honek UVB izpien aurkako babesa bakarrik neurtzen du, ez UVA izpien aurkako. ^{33,35} Honela kalkulatzen da:

$$SPF = \frac{\text{MED 1 sortzeko behar den energia larruazal babestuan}}{\text{MED 1 sortzeko behar den energia larruazal ez - babestuan}}$$

1.ekuazioa: SPF kalkulatzeko formula.

Horrenbestez, MED gutxieneko dosi eritematosa da esposiziotik 24 ordura neurtuta, hau da, larruazalean eritema minimo bat eragiteko behar den denbora edo energia da. Halaber, iragazkiak erradiazioaren ehuneko jakin bat iragazten du. ^{32,35}

3.8.1. Giza gorputzaren fotobabes mekanismoak.

Gure gorputzak hainbat mekanismo ditu eguzki-erradiazioetik babesteko, horien artean: lesio aktinikoak, pigmentuaren ekoizpena (melanogenesis) eta DNA konpontzeko mekanismoak (antioxidatzaileak). ³⁶

- **Lesio aktinikoak:** geruza korneoa loditu egiten da (hiperkeratosia). Eguzki-eritemak eragiten duen zelula-suntsiketagatik sortzen den erreakzio-erreflexua da. ³⁷
- **Pigmentuaren ekoizpena (melanogenesis):** Babes mekanismo nagusia da. Hiru beltzarantze mota daude: berehalako pigmentu-iluntzea edo *immediate pigment darkening* (IPD), pigmentuaren iluntze iraunkorra edo *persistent pigment darkening* (PPD) eta beltzarantze-atzeratua edo *delayed tanning* (DT). ^{38,39} Pigmentazio azkarra UVA erradiazioaren eraginpean egoteagatik gertatzen da, eta horrek melanosometan dagoen melaninaren oxidazio partziala eragiten du. Melanina hori, lehen koloregabea zena, kolore marroi argikoa bihurtzen da erradiazioaren energia baxuaren ondorioz. Pigmentazio berantiarra, bestalde, UVB erradiazioarekiko esposizioagatik gertatzen da, melanosomen guztizko oxidazioan eta pigmentazio moderatuan. ^{32,40}
- **DNA konpontzeko mekanismoak (antioxidatzaileak):** Zelulek material genetiko fisiologikoan akatsak konpontzeko mekanismoak dituzte. ⁴¹
 - **Material genetiko berrezartzen duten entzimak:** hainbat prozesuren bidez, entzima espezifikoek (fotoliasa, T4 endonukleasa) ⁴⁹ kaltetutako DNA detektatzeko, ezabatzeko edo berrezartzeko gaitasuna dute.

- **Zelulen zahartzea saihesten duten entzimak:** superoxido dismutasa (SOD), ubikinona (Q10), peroxidasa eta glutationa.
- **Agente oxidatzaileak ezabatzen dituzten konposatuak:** tokoferola, azido asorbikoa, karotenoa eta melanina.

Hala ere, eguzki-esposizioak behar bezalako babesik gabe luzatzen badira, mekanismo horiek ez dira nahikoak izango, eta zelulak kalte edo hil egin daitezke. Litekeena da lesio arinak baina kronikoak izatea, hala nola elastosia, minbizi aurreko lesioak eta minbizia.^{32, 36}

3.8.2. Eguzki-iragazkien printzipio aktibo fotobabesleak

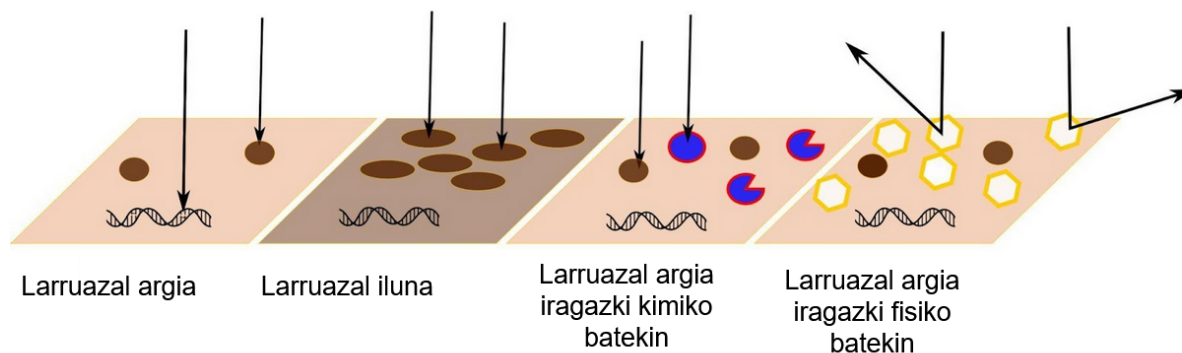
Eguzki-prestakinen ahalmen iragazlea hainbat faktoreren arabera izango da: erabilitako iragazkien lotura, horien fotoegonkortasuna, eszipienteezko bateragarritasuna eta lipo/hidrosolubilitateko propietateak.⁴² Bi motatako iragazkiak daude, hala nola, kimikoak eta fisikoak. (6. Irudia).

3.8.2.1. Iragazki kimikoak

Iragazki kimikoak eguzki-erradiazioaren fotoiak xurgatzeko gaitasuna duten molekula organikoak dira eta ondorioz, beraien egitura molekularra aldatzen dute. Molekula bakoitzak uhin-luzera jakin batean xurgatzen ditu fotoiak. Argitan egonkorak izan behar dute, eta beren eraginkortasuna mantendu. Tolerantzia eta iraunkortasun onak izan behar dituzte. Iragazki fisikoekin alderatuz, aplikazio geruza meheagoa behar da, gardenak dira eta beraz, ez dute gainazala zikintzen. Itxuraz onargarriagoak dira eta horregatik merkatuan aurkitzen ditugun ohikoenak izango dira.^{35, 42}

3.8.2.2. Iragazki fisikoak

Iragazki fisikoak eguzki-erradiazioa islatzen edo desbideratzen duten sustantzia mineralak dira. Ispilu moduan jarduten duen hesi opako bat osatzen dute. Espektra zabala da, babesa ematen dute UVA, UVB, argi ikusgaia eta infragorrien aurrean.^{35, 42} Larruzala zuritu eta arropa zikindu dezakete, argi ikusgaia islatzen baitute. Gaur egun, iragazki mikronizatuak egiten dira. Tarte mikronizatuan (10-50 nm) partikularen tamaina gutxitzeak estetika hobetuko luke; hala ere, Alren fotoien barreatzea txikiagoa izango litzateke.⁴⁴ Hauek soilik UV izpiak islatzen dituzte. Gehien erabiltzen diren substantziak titanio dioxidoa (TiO₂) eta zink oxidoa (ZnO) dira. Hain ohikoak ez diren beste batzuk ere badaude, hala nola kaltzio (CaCO₃) eta magnesio karbonatoa (MgCO₃), magnesio oxidoa (MgO) eta burdin kloruroa (FeCl₃).



6. irudia. Jatorri organiko eta ez-organikoko eguzki-iragazkien funtzionamendua. Azal motaren arabera, eguzkiak nola jotzen duen ikus daiteke. Larru argietan material genetikoa aldatuko duen kaltea eragiteko aukera handiagoa dago. Iragazki organikoek eguzki-erradiazioa xurgatuz jarduten dute; iragazki ez-organikoek, berriz, eguzki-erradiazioa islatu egiten dute.³⁵

3.9. ARGI URDINARENGANDIK BABESTEKO EGUZKI-IRAGAZKIAK

UV erradiaziotik haratago espektro zabaleko eguzki-iragazki berritzaileak garatzen jarraitzea funtsezkoa da eguzkitik babesteko. Horrek lagundu lezake eguzkiak azalean dituen ondorio kaltegarriari aurre egiten.³⁷ Argi urdinetik babesteko, osagai naturalak edo sintetikoak erabil daitezke.⁴⁴

3.9.1. Biologikoak

Iragazki biologikoak antioxidatzaileak dira, eta erradikal askeen sorrera saihesten dute. Eguzki-babeserako produktuetan gehitzen dira, ez dute erradiazioa zuzenean iragazten, baina haren efektu kaltegarriak saihesten dituzte.

- **Alga erauzkinak:** Algen osagai batzuek argi urdinaren kontrako babesa eskaintzen dute. Hala nola, *Scenedesmus Rubescens*-etatik ateratako erauzkina (Pepha®-Age), ur gezako alga bat, eta *Zonaria Tournefortii* itsas alga marroien erauzkina (Seactiv-ZT), argi urdinak eragindako hiperpigmentazioa eta estres oxidatiboa saihestu eta kolageno sintesia bultzatzen laguntzen dute.⁴⁴
- **Landare erauzkinak:** *Vaccinium Vitis-Idaea* frutaren erauzkina ahabi gorriaren ama-zelulei dagokie; zelula horiek polifenol kopuru handia dute, eta horrek eragin antioxidatzailea ematen die. *Witahnia Somnifera* erroaren erauzkina, Ginseng erroatik datorrena, fibroblastoetan argi ikusgarriak eragindako kalteei aurre egiten laguntzen du.⁴⁴

- **Bitaminak:** ⁴⁴
 - **C bitamina:** Fibroblasto dermikoak estimulatzeko, kolagenoaren ekoizteko eta EA-en ekoizpena murrizten du.
 - **E bitamina:** ROS-ekin erreakzionatzeko gaitasun handia du eta proteinen arteko lotura gurutzatuak sortzetik (elastosia) eta hiperkeratositik babesten du.
 - **B3 bitamina (niiazinamida):** Niiazinamidak hiperpigmentazioaren aurka laguntzen duen antioxidatzailea da.
- **Karotenoideak:** β -karoteno eta luteina bezalako karotenoideak argi urdinaren oxidazioa saihesten laguntzen dute. ⁴⁴
- **Flabonoideak:** Efectu antioxidatzailea daukate. Erradikal askeen sorrera gutxitu eta melanogenesisia estimulatzeko dute. ⁴⁴

3.9.2. Ez biologikoak

3.9.2.1. Kimikoak

- **TriAsorB:** 5,6,5',6'-tetrafenil-3,3'-(1,4-fenileno)bis[1,2,4-triazina] da eta iragazki organiko ez disolbagarria da.⁵⁰ Eratzun heterozikliko asegabe konjugatuak eguzki-espektroaren zati kaltegarria xurgatu eta islatzen ditu, UVB, UVA labur eta UVA luzeak barne, baina baita argi urdina ere (400 eta 450 nm bitarteko eremua). TriAsorb espektro zabaleko eguzki-babeslea da, UV espektro-heinerako uhin-luzera kritikoaren *in vitro* ebaluazioan balio handia duela frogatu du, (λ UV-CW = 388 nm) eta horrek UVB eta UVA izpien aurkako babesa adierazten du. ³⁷
- **Dietilaminohidroxibenzoil piperazina (BDBP):** UVR/AI eskualdearen ertzean (350 eta 425 nm) xurgatzen duen iragazkia da. Pigmentazioaren aurka babesa eskaintzen du. ³²

3.9.2.2. Fisikoak

- **TiO₂ (titanio dioxidoa, Parsol ® TX):** Argi urdina blokeatzeko gaitasuna duen iragazki fisikoa da. Azalaren hiperpigmentazioa murrizten du. ^{25, 44}

4. ONDORIOAK

Argi urdinarekiko esposizio kronikoak fotozahartzean (ROS-en sorrera) eta hiperpigmentazioan eragina dauka. Eguzki-blokeatzaileek hobekuntza nabarmenak izan dituzten arren, oraindik ikerketa gehiago behar da erradiazio ikusgaiaren fotobabesari dagokionez. Etorrizuneko ikuspegiak UVA1 espektroan eta erradiazio ikusgaiaren babes

eraginkorragoa lortzean egon beharko luke, baita iragazki horien ezaugarri organoleptikoak hobetzea eta antioxidatzaileen eta beste konposatu batzuen erabilera hobetzean ere, fotobabesa indartzeko.

5. **BIBLIOGRAFIA**

1. Tuieng RJ, Cartmell SH, Kirwan CC, Sherratt MJ. The Effects of Ionising and Non-Ionising Electromagnetic Radiation on Extracellular Matrix Proteins. Cells. 2021. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34831262/> [2023-ko martxoaren 13-an kontsultatuta].
2. Austin E, Geisler AN, Nguyen J, Kohli I, Hamzavi I, Lim HW, Jagdeo J. Visible light. Part I: Properties and cutaneous effects of visible light. J Am Acad Dermatol. 2021. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33640508/> [2023-ko martxoaren 13-an kontsultatuta].
3. Polefka TG, Meyer TA, Agin PP, Bianchini RJ. Effects of solar radiation on the skin. J Cosmet Dermatol. 2012. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22672278/> [2023-ko martxoaren 13-an kontsultatuta].
4. Ryan JL. Ionizing radiation: the good, the bad, and the ugly. J Invest Dermatol. 2012. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22217743/> [2023-ko martxoaren 14-an kontsultatuta].
5. D'Orazio J, Jarrett S, Amaro-Ortiz A, Scott T. UV radiation and the skin. Int J Mol Sci. 2013. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23749111/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
6. Narayanan DL, Saladi RN, Fox JL. Ultraviolet radiation and skin cancer. Int J Dermatol. 2010. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20883261/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
7. Wondrak GT, Jacobson MK, Jacobson EL. Endogenous UVA-photosensitizers: mediators of skin photodamage and novel targets for skin photoprotection. Photochem Photobiol Sci. 2006. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16465308/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
8. Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. Int J Environ Res Public Health. 2018. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24278082/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
9. Campiche R, Curpen SJ, Lutchmanen-Kolanthan V, Gougeon S, Cherel M, Laurent G, Gempeler M, Schuetz R. Pigmentation effects of blue light irradiation on skin and

- how to protect against them. *Int J Cosmet Sci.* 2020. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32478879/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
10. Eivgi O, Lemcoff NG. Sunscreen-Assisted Selective Photochemical Transformations. *Molecules.* 2020. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32370013/> [2023-ko martxoaren 15-an kontsultatuta].
 11. Taylor SC, Alexis AF, Armstrong AW, Chiesa Fuxench ZC, Lim HW. Misconceptions of photoprotection in skin of color. *J Am Acad Dermatol.* 2022 [Internet]. Eskuragarri: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0190962221029832?via%3Dihub> [2023-ko martxoaren 17-an kontsultatuta].
 12. Calzavara-Pinton P, Longo C, Venturini M, Sala R, Pellacani G. Reflectance confocal microscopy for in vivo skin imaging. *Photochem Photobiol.* 2008. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19067964/> [2023-ko martxoaren 17-an kontsultatuta].
 13. Yoshida K, Okiyama N, Igarashi T. Visualization of reflectance, transmittance, and application amount distribution of the cosmetic foundation layer on skin. *Opt Express.* 2022. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35299429/> [2023-ko martxoaren 17-an kontsultatuta].
 14. Lister T, Wright PA, Chappell PH. Optical properties of human skin. *J Biomed Opt.* 2012. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23085902/> [2023-ko apirilaren 26-an kontsultatuta].
 15. J. Campoy, R. Alcarria, A.P. González-Marcos. Study of the optical behavior of skins using Monte Carlo techniques. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021313151400042X> [2023-ko martxoaren 18-an kontsultatuta].
 16. Baroni A, Buommino E, De Gregorio V, Ruocco E, Ruocco V, Wolf R. Structure and function of the epidermis related to barrier properties. *Clin Dermatol.* 2012. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X11002112?via%3Dihub> [2023-ko apirilaren 26-an kontsultatuta].
 17. Braghiroli NF, Sugerik S, Freitas LAR, Oliviero M, Rabinovitz H. The skin through reflectance confocal microscopy - Historical background, technical principles, and its correlation with histopathology. *An Bras Dermatol.* 2022. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9582891/> [2023-ko apirilaren 26-an kontsultatuta].
 18. Brenner M, Hearing VJ. The protective role of melanin against UV damage in human

- skin. Photochem Photobiol. 2008. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18435612/> [2023-ko apirilaren 26-an kontsultatuta].
19. Antonacci G, Domenico GD, Silvestri S, DelRe E, Ruocco G. Diffraction-free light droplets for axially-resolved volume imaging. *Sci Rep.* 2017. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28154413/> [2023-ko apirilaren 27-an kontsultatuta].
20. Prince S, Malarvizhi S. Monte Carlo simulation of NIR diffuse reflectance in the normal and diseased human breast tissues. *Biofactors.* 2007. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18607075/> [2023-ko apirilaren 27-an kontsultatuta].
21. Hoeger U, Robin J, Editors H. Subcellular biochemistry 94 vertebrate and invertebrate respiratory proteins, lipoproteins and other body fluid proteins. [Internet]. Eskuragarri: <file:///C:/Users/78921225z/Downloads/978-3-030-41769-7.pdf> [2023-ko martxoaren 26-an kontsultatuta].
22. Zorica Gajinov, Milan Matić, Sonja Prčić, Verica Đuran. Serbian Journal of Dermatology and Venereology 2010. [Internet]. Eskuragarri: <https://sciendo.com/downloadpdf/journals/sjdv/2/4/article-p131.pdf> [2023-ko martxoaren 27-an kontsultatuta].
23. Gromkowska-Kępką KJ, Puścion-Jakubik A, Markiewicz-Żukowska R, Socha K. The impact of ultraviolet radiation on skin photoaging — review of in vitro studies. *Journal of cosmetic dermatology.* [Internet]. Eskuragarri: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jocd.14033> [2023-ko martxoaren 30-an kontsultatuta].
24. Ash C, Dubec M, Donne K, Bashford T. Effect of wavelength and beam width on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers Med Sci.* [Internet]. Eskuragarri: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-017-2317-4> [2023-ko apirilaren 3-an kontsultatuta].
25. Kumari J, Das K, Babaei M, Rokni GR, Goldust M. The impact of blue light and digital screens on the skin. *Journal of cosmetic dermatology.* [Internet]. Eskuragarri: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jocd.15576> [2023-ko maiatzaren 11-an kontsultatuta].
26. Kammeyer A, Luiten RM. Oxidation events and skin aging. *Ageing Res Rev.* 2015 [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25653189/> [2023-ko apirilaren 15-an kontsultatuta].
27. Dupont E, Gomez J, Bilodeau D. Beyond UV radiation: a skin under challenge. *Int J Cosmet Sci.* 2013. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23406155/> [2023-ko apirilaren 15-an kontsultatuta].
28. Campiche R, Curpen SJ, Lutchmanen-kolanthan V, et al. Pigmentation effects of blue

- light irradiation on skin and how to protect against them. *Int J Cosmet Sci.* [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32478879/> [2023-ko apirilaren 18-an kontsultatuta].
29. Suitthimeathegorn O, Yang C, Ma Y, Liu W. Direct and indirect effects of blue light exposure on skin: A review of published literature. *Skin pharmacology and physiology.* [Internet]. Eskuragarri: <https://www.karger.com/Article/FullText/526720> [2023-ko apirilaren 18-an kontsultatuta].
30. Pourang A, Tisack A, Ezekwe N, Torres AE, Kohli I, Hamzavi IH, Lim HW. Effects of visible light on mechanisms of skin photoaging. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34585779/> [2023-ko apirilaren 19-an kontsultatuta].
31. Shin DW. Various biological effects of solar radiation on skin and their mechanisms: Implications for phototherapy. *Animal cells and systems.* [Internet]. Eskuragarri: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19768354.2020.1808528> [2023-ko apirilaren 21-an kontsultatuta].
32. Lawrence KP, Sarkany RPE, Acker S, Herzog B, Young AR. A new visible light absorbing organic filter offers superior protection against pigmentation by wavelengths at the UVR-visible boundary region. *J Photochem Photobiol B.* [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34954519/> [2023-ko maiatzaren 11-an kontsultatuta].
33. Solano F. Photoprotection and Skin Pigmentation: Melanin-Related Molecules and Some Other New Agents Obtained from Natural Sources. *Molecules.* 2020. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32230973/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
34. Vishal Gupta MD, Vinod Kumar Sharma MD. Skin typing: Fitzpatrick grading and others. *Clinics in Dermatology.* 2019. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X1930121X> [2023-ko maiatzaren 5-ean kontsultatuta].
35. Geisler AN, Austin E, Nguyen J, Hamzavi I, Jagdeo J, Lim HW. Visible light. Part II: Photoprotection against visible and ultraviolet light. *J Am Acad Dermatol.* 2021. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33640513/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
36. Wulf HC, Sandby-Møller J, Kobayasi T, Gniadecki R. Skin aging and natural photoprotection. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15036273/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
37. Bacqueville D, Jacques-Jamin C, Dromigny H, Boyer F, Brunel Y, Ferret PJ, Redoulès D, Douki T, Bessou-Touya S, Duplan H. Phenylene Bis-Diphenyltriazine (TriAsorB), a

- new sunfilter protecting the skin against both UVB + UVA and blue light radiations. Photochem Photobiol Sci. 2021. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34643936/> [2023-ko maiatzaren 11-an kontsultatuta].
38. Kohli I, Sakamaki T, Dong Tian W, Moyal D, Hamzavi IH, Kollias N. The dynamics of pigment reactions of human skin to ultraviolet A radiation. Photodermatol Photoimmunol Photomed. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31206816/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
39. Zastrow L, Groth N, Klein F, Kockott D, Lademann J, Renneberg R, Ferrero L. The missing link--light-induced (280-1,600 nm) free radical formation in human skin. Skin Pharmacol Physiol. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19122479/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
40. Miyamura Y, Coelho SG, Wolber R, Miller SA, Wakamatsu K, Zmudzka BZ, Ito S, Smuda C, Passeron T, Choi W, Batzer J, Yamaguchi Y, Beer JZ, Hearing VJ. Regulation of human skin pigmentation and responses to ultraviolet radiation. Pigment Cell Res. 2007. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17250543/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
41. Pisoschi AM, Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. Eur J Med Chem. 2015. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0223523415300039?via%3Dihub> [2023-ko apirilaren 27-an kontsultatuta].
42. A. Garrote, R.Bonet. Consejo farmacéutico sobre fotoprotección. [Internet]. Eskuragarri: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-consejo-farmacaceutico-sobre-fotoproteccion-13031736> [2023-ko apirilaren 27-an kontsultatuta].
43. Narla S, Kohli I, Hamzavi IH, Lim HW. Visible light in photodermatology. Photochem Photobiol Sci. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31922171/> [2023-ko apirilaren 25-an kontsultatuta].
44. Coats JG, Maktabi B, Abou-Dahech MS, Baki G. Blue light protection, part II-Ingredients and performance testing methods. J Cosmet Dermatol. 2021. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33340223/> [2023-ko maiatzaren 11-an kontsultatuta].
45. Weihermann AC, Lorencini M, Brohem CA, de Carvalho CM. Elastin structure and its involvement in skin photoageing. Int J Cosmet Sci. 2017. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27731897/> [2023-ko maiatzaren 2-an kontsultatuta].
46. Kohl E, Steinbauer J, Landthaler M, Szeimies RM. Skin ageing. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2011. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21261751/>

[2023-ko maiatzaren 2-an kontsultatuta].

47. Gupta V, Sharma VK. Skin typing: Fitzpatrick grading and others. Clin Dermatol. 2019. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31896400/> [2023-ko maiatzaren 2-an kontsultatuta].
48. Moyal D, Wichrowski K, Tricaud C. In vivo persistent pigment darkening method: a demonstration of the reproducibility of the UVA protection factors results at several testing laboratories. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2006. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16719864/> [2023-ko maiatzaren 2-an kontsultatuta].
49. Meinhardt M, Krebs R, Anders A, Heinrich U, Tronnier H. Absorption spectra of human skin in vivo in the ultraviolet wavelength range measured by optoacoustics. Photochem Photobiol. 2009. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18643906/> [2023-ko maiatzaren 5-an kontsultatuta].
50. Bacqueville D, Jacques-Jamin C, Lapalud P, Douki T, Rouillet N, Sereno J, Redoulès D, Bessou-Touya S, Duplan H. Formulation of a new broad-spectrum UVB + UVA and blue light SPF50+ sunscreen containing Phenylene Bis-Diphenyltriazine (TriAsorB), an innovative sun filter with unique optical properties. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2022. [Internet]. Eskuragarri: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35738811/> [2023-ko maiatzaren 11-an kontsultatuta].