

### 3. GAIA. AHOKO DETERMINATZAILE EKOLOGIKOAK

#### 1. Mikroorganismoen elkarbizitza erregulatzen dituzten faktoreak

##### 1.1 Faktore fisiko- kimikoak

##### 1.2 Atxikidura, eransketa eta elkar- eransketako faktoreak

##### 1.3 Faktore nutrizionalak

##### 1.4 Ostalaria babesten dituen faktoreak

##### 1.5 Bakterioen arteko faktore antagonikoak

#### 2. Ahoko mikrobiotaren alde onuragarria

### 1. MIKROORGANISMOEN ELKARBIZITZA ERREGULATZEN DITUZTEN FAKTOREAK

Ahoko determinatzaile ekologikoak ahoko mikrobiotaren konposaketa (kualitatiboa eta kuantitatiboa), garapena eta banaketa ekosistema desberdinetan, erregulatzen dituzten faktoreak dira.

#### 1.1 Faktore fisiko-kimikoak

Ahoko ekosistemen faktore fisiko- kimikoen artean tenperatura, hezetasuna, pHa eta erredox potentziala bezalako faktoreak aurkitzen dira.

- **Tenperatura:** Aho barrunbeko tenperatura gorputzeko tenperatura baino baxuagoa da, 35 eta 36 °C en artekoa. Tenperatura hau mikroorganismo mesofiloen hazkuntzarako egokiena da. Hala ere, aho barrunbeak tenperatura aldaketa garrantzitsu asko pairatzen ditu, batez ere, jaten ditugun elikagaien tenperaturaren arabekoak. Horrela, badaude elikagai batzuk zero graduko tenperatura dutenak (i.e. izozkiak) eta beste batzuk 50 gradu baino altuagoak (edari beroak). Ahoko mikroorganismoak tenperatura aldaketa hauek jasan behar dituzte, eta jasaten ez dituztenak hiltzen joango dira.

- **Hezetasuna:** Listuak aho barrunbeto gainazal guztiak bustitzen ditu, beraz, ura ahoko ekosistema guztietan egongo da. Faktore honek mikroorganismoen hazkuntza baimenduko du, ura mikroorganismoen osagai nagusia eta metabolismoko erreakzioak egiteko ezinbestekoa izanik.
- **Oxido- erredukzio potentziala:** Aho barrunbean mikroorganismo aerobio, fakultatibo eta anaerobioak hazten dira. Oxido-erredukzio potentzialak oso desberdinak izango dira ekosistema desberdinetan; horrela, ekosistema aerobioetan (mingainaren goialdean, listuan edo mukosetan), 30 eta 360 mVen artekoa izango da, eta ekosistema anaerobioagoetan (ildo gingibalean), berriz, -360 mVtakoa. Ekosistema batzuetan, hala nola fisuratan, hortzen gune proximaletan eta ildo gingibalean, baldintza anaerobioak aurkituko dira; alde batetik oxigenoa gune horietara ezin duela sartu, eta bestetik, mikroorganismoen metabolismoan espezie batzuk oxigenoa erabiliko dute oxido-erredukzio potentzial baxua sortuz. Oxigenoaren disponibilitatea oso garrantzitsua da mikroorganismoak ekosistema desberdinetan banatzeko orduan. Hau dela eta, mikroorganismo anaerobio hertsia ez dira hain ohikoak izango aho barrunbean, eta mikroorganismo fakultatiboak, berriz, gehiengoak izango dira egoera desberdinetara egokitzen direlako.
- **pHa:** Listuak erregulatzen du ahoko pHa, 6,5 eta 7,5 artekoa izanik. pHaren kasuan ere, aldaketa asko emango dira elikagai desberdinak jan ostean edo mikroorganismoen metabolismoko erreakzioen ondorioz. Aldaketa hauek nabarmenak dira, batez ere, hortz-plakarekin erlazionatuta dauden ekosistemetan, non azukre hartigarriak jan ondoren azidoak ekoiztuko dira pHa 5 baino gutxiagokoa izatera pasatuz. Listuak pHa moteltzeko gaitasuna dauka, eta horrek gizakiarekin erlazionatuta dauden mikroorganismo gehiengoaren hazkuntza baimenduko du, pH neutroetan ondo hazten direnak. Hala ere, bat-bateko pH jaitsiera hauei aurre egiteko eta azidoen presentzia jasateko ahoko mikroorganismoek estrategia desberdinak garatu behar dituzte.

Hurrengo taulan mikroorganismoen hazkuntza aho barrunbean ahalbidetzen edo mugatzen dituzten faktoreak zerrendatzen dira:

Mikroorganismoen hazkuntza baimentzen dituzten faktoreak	Mikroorganismoen hazkuntza mugatzen dituzten faktoreak
<b>Temperatura</b>	Listuaren osagai antibakterianoak
<b>Hezetasuna</b>	Garbiketa mekanismoak
<b>Oxido-erredukzio potentziala</b>	Elikagaien disponibilitatea gutxituta
<b>pHa</b>	pHaren bat-bateko jaitsierak
<b>Elikagaien disponibilitatea</b>	Zelula epitelialen ezkatadura, murtzikapena, irensketa

## 1.2. Atxikidura, eransketa eta elkar- eransketako faktoreak

Mikroorganismoak etengabe sartzen dira aho barrunbera, eta kasu gehienetan azkar irteten dira aho barrunbetik listuarekin batera murtzikatzerakoan, irensterakoan, zelula epitelialen ezkatadurarekin batera, edo hortzak eskuilatzerakoan. Mikroorganismo batzuk hobi eta fisuretan geldituko dira atxikituta erretentzio mekanismoak direla medio. Aho barrunbean geldituko diren beste mikroorganismo batzuk mekanismo desberdinak garatu behar dituzte atxikidura lortzeko eta aipatutako eliminazio mekanismo guztiei aurre egiteko.

Faktore hauek atxikidura, eransketa eta elkar- eransketako mekanismoak izango dira. Atxikidura, mikroorganismoek ostalariaren ehunetara atxikitze mekanismoa da. Eransketa mekanismoen bidez mikroorganismoak espezie bereko beste mikroorganismoekin elkartzen dira; eta elkar- eransketako mekanismoen bidez mikroorganismoak haien artean atxikituko dira, nahiz eta espezie berekoak ez izan. Hiru mekanismo hauen bidez mikroorganismoen multzoak eratzen dira aho barrunbeto gainazalari atxikituta daudenak. Hiru mekanismo hauek garrantzi berezia edukiko dute garbiketa mekanismoei aurre egiteko. Gainera, mikroorganismoen banaketa ekosistema desberdinetan mikroorganismo horiek dauzkaten mekanismoen arabera izango da, beraz, erlazionatuta dago ekosistema desberdinetan agertzen den espezifitatearekin,

hartz-plakaren eraketarekin eta aho-barrunbean garatzen diren gaixotasun batzuen garapenarekin, hala nola txantxarra, gingibitisa eta periodontitisa.

Mikroorganismoek, ostalariaren aho barrunbeko gainazaletara atxikitzeko, bi faktore behar dituzte: mikroorganismoen partetik molekula bat, orokorrean adhesina izenarekin ezagutzen dena, eta ostalariaren partetik hartzaile bat, adhesina horrekin elkartzeko. Hartzaile desberdinek mikroorganismoen atxikidura baimenduko dute gainazal desberdinetara, hala nola mukosara, hortzen gainazaletara, material artifizialetara edo beste mikroorganismoekin. Molekula desberdinek jokatu ahal dute adhesina moduan: karbohidratoak, proteinak, glukano disolbagarri eta disolbaezinak, glukosiltransferasak, glukanoak finkatzen dituzten proteinak, hartutako azaltxoarekin elkartzen diren proteinak, finbrietan dauden molekula proteikoak, azido lipoteikokoak (ALT), eta abar.

Adhesina hauek, hartzaile moduan jokatzen duten osagai batzuekin elkartuko dira, hala nola, glikokalixeko karbohidratoak, zelula epitelialetako fibronektina bezalako glukoproteinak, eta esmalteari eta material artifizialari elkartuta dauden listuko glukoproteinak (hartutako azaltxoaren eraketan).

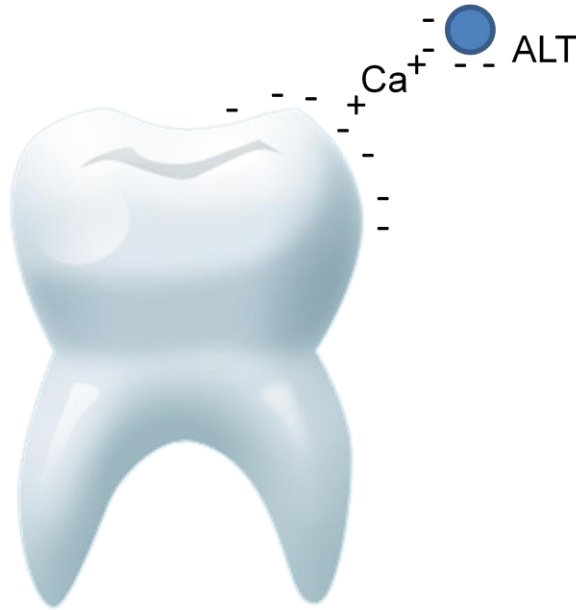
Atxikidura, eransketa eta elkar-eransketako mekanismoen artean aipatzekoak dira hurrengo hauek:

- **Lektina-karbohidrato loturak.** Lektinak proteinetan dauden peptidoak dira karbohidratoekin elkartzen direnak. Osagarritasuna behar da elkar eragiten duten lektina eta karbohidratoen artean. Hartz-plaka sortzerakoan bakterioen azalean dauden proteinak edo galaktosako residuoak hartutako azaltxoan dauden karbohidratoekin elkartuko dira. Mekanismo honen bidez *Streptococcus mutans* edo *Streptococcus sanguis* espezieek atxikidura lortzen dute. Eransketa eta elkar-eransketako mekanismoetan ere ager daiteke.



Egileak: E. Sevillano, E. Eraso

- **Proteina- proteina loturak:** Mikroorganismoen finbrietan aurkitzen diren proteinak hartutako azaltxoan dauden prolinan aberatsak diren proteinekin elkartzen dira. Fenomeno hau atxikidura eta elkar-eransketako mekanismoetan ematen da. Elkar-eransketan espezie desberdinetako bakterioek hartzen dute parte, heterogeneoak diren bakterioen multzoak eratuz.
- **Glukanozko zubiak.** Lotura hauetan glukanoak hartuko dute parte (batez ere glukano disolbaezinak, disolbagarriak erraz degradatzen direlako), gainazaleko proteinak, glukanoak finkatzen dituztenak, eta glukosiltransferasa entzimak. Lotura mota hau *Streptococcus mutans*ek erabiltzen du gainazal gogorretara atxikitzeko. Glukosiltransferasa entzimek glukanoak ekoizten dituzte, bakterioen gainazaletan atxikituta edo jariatuak izan daitezkenak. Jariatutako glukanoak gainazaletako proteinekin elkartu ahal dira eta lotura moduan jokatu.
- **Azido lipoteikoko bidezko loturak (ALT).** Azido hauek bakterio gram positiboaren horma zelularren polimero anionikoak dira. Osagai hauen mutur hidrofiloen karga negatiboak mikroorganismoek kaltzio eta fosfato ioek atxikitzeko baimentzen die, edo hartutako azaltxoan dauden glukoproteinen sulfato taldeei.



Egileak: E. Sevillano, E. Eraso

- **Atxikidura epitelioen gainazaletara.** Fibronektina listuan dagoen glukoproteina da zelula epitelialak estaltzen dituena, eta bakterioen adhesinen hartzaille moduan jokatzen duena. Aho barrunbeko ohiko bakterioak glukoproteina honekin elkartzen dira, eta horrela ahoko ohikoak ez diren bakterioek ez dute aurkituko leku liberik atxikidura lortzeko. Hau horrela izanik, mikroorganismo patogenoen kontrako babesa ematen du.
- **Erretentzio mekanismoak.** Mikroorganismo asko aho barrunbeko gune desberdinetan geldituko dira erretenituta inolako atxikidura mekanismorik eduki gabe, hala nola, hobietan, fisuretan, hortzen gune proximaletan, protesien inguruan, ildo gingibalean, poltsa periodontalean edo txantxarrak sortutako lesioetan. Beste mikroorganismo batzuk gelditzen dira hortz plakan parte hartzen duten beste mikroorganismoen artean inolako eransketa edo elkar-eransketa mekanismorik eduki gabe.

### 1.3. Faktore nutrizionalak

Aho barrunbeko mikroorganismoen hazkuntzarako beharrezkoak diren elikagaiak barruko iturritik edo kanpoko iturritik datoz.

### 1.3.1. Barruko iturriak

Elikagai desberdinek listutik eta ildo gingibalean jariatzen den likido gingibaletik datoz. Honetaz aparte, ezkatatzen diren epitelioko zelulek ere elikagai moduan jokatuko dute.

Listuan dagoen elikagai kontzentrazioa oso baxua da; karbohidrato sinpleen artean glukosa nagusitzen da, dietatik eta listuaren glukoproteinaren degradazio entzimatiakoak sortutakoa dena, hala era kopuru baxuetan agertzen da. Kopuru handiagoetan, kaltzio, fosfato, sodio, potasio, sulfato, amoniako... bezalako osagai inorganikoak aurkitzen dira.

Ildo gingibala, suerotik dator, eta detektatzen diren osagaien artean albumina, glukoproteinak, lipoproteinak, fosfatoa, sodioa, kaltzioa, magnesioa, fosfato inorganikoak eta beste osagai batzuk daude.

Ezkatatzen diren zelula epitelialak apurtzerakoan elikagaiak askatzen dira, baina gehienak irentsita izango dira.

### 1.3.2. Kanpoko iturriak

Dietatik datozen elikagaiak oso debora gutxi iraungo dute aho barrunbean, beraz horien erabilera ahoko mikroorganismoen partez mugatua izango da. Garrantzitsuenak, erretentzio mekanismoen bidez aho barrunbean gelditzen direnak izango dira, edo maiz hartzen diren elikagaiak ere.

### 1.3.3 Interbakerianoak

Aho barrunbeko mikroorganismoentzat garrantzitsuenak diren elikagai iturriak beste mikroorganismoen degradaziotik edo beste mikroorganismoek sortutako produktuak izango dira.

Mikroorganismo batzuk lehen aipatutako iturrietako elikagaiak erabiliko dituzte, eta haien metabolismoko erreakzioen bidez beste mikroorganismoak erabiliko dituzten osagaiak ekoiztuko dituzte.

Makromolekulak degradatuak izan behar dira mikroorganismoak erabil ahal izateko. Degradazio prozesu honetan entzima batzuk hartzen dute parte, adibidez listuko amilasa; hala ere, garrantzi handiagoa edukiko dute bakterioek

ekoizten dituzten exoentzimek lan hau burutzeko. Honen adibidea estreptokokoek ekoizten dituzten glukosidasak eta neuramidasak dira, karbohidratoak degradatzen dituzte eta ondoren beste mikroorganismoek erabiliko dituzte.

Honetaz gain, mikroorganismoek osagai intrazelularrak jariatzeko dituzte, alboko mikroorganismoek erabiliko dituztenak. Elkar erlazio hauek gero eta garrantzitsuak izango dira mikroorganismo-komunitate handia dagoenean gunetxiki batean, hortz-plakan edo ildo gingibalen gertatzen den moduan. Osagai batzuk beharrezkoak dira beste mikroorganismoen hazkuntzarako, beraz, lehenengo mikroorganismo hauek egon behar dira bigarrenak hazteko. Beste osagai batzuk, hala nola bakterio metabolismo askotan sortzen den karbono dioxidoa beste espezie batzuen hazkuntza baimenduko du.

Bestalde, jariatzeko diren substantzia asko toxikoak dira ostalariaren ehunentzako eta beste batzuk ekintza desmineralizatzailea edukiko dute ehun gogorretan.

#### **1.4. Ostalaria babesten duten faktoreak**

Ostalariak aho barrunbeko mikrobiotaren efektu negatiboak ekiditeko mikroorganismoen sarrera murrizten du faktore desberdinen bidez.

Faktore horien artean mukosaren osotasuna, epitelioko ezkatadura, ehun linfoideen produktuak eta likido gingibala, listuaren ekintza, eta murtxikapena eta irensketa bezalako mekanismoen bidez mikroorganismoak digestio bidera bultzatuak izaten dira.

Aho mukosaren geruza desberdinen osotasuna muga bat izaten da mikroorganismoen sarrera ekiditeko. Sistema immuneko elementuak, hala nola mukosei atxikitutako ehun linfoidea, linfuzitoak, makrofagoak edo antigorputzak, gainazaletako geruzak zeharkatzea lortzen dituzten mikroorganismoen kontrako babesa lortzeko laguntzen dute.



Epitelioaren ezkatadura mikroorganismoen kopurua murrizten du, zelulei atxikituta dauden mikroorganismoak irentsita izango dira zelulak ezkatatzerakoan.

Listuak babes ekintza dauka; alde batetik, aho barrunbeko garbiketa mekanikoa egiten du, bestetik koagulazio faktoreak dauzka koagulazio prozesua azkartzen dutenak eta horrela mikroorganismoen sarrera submukusara ekiditen da. Honetaz gain, pHa moteltzeko gaitasuna dauka, eta substantzia antimikrobianoak ditu, hala nola lizozima, laktoferrina, laktoperoxidasa, immunoglobulinak (batez era jariatutako A immunoglobulina), konplementu sistemako proteinak, eta neutrofiloak edo linfuzitoak bezalako beste osagaiak ere.

Bestalde, likido gingibala osagai desberdinak edukiko ditu osasun eta gaixotasun egoeratan. Azken honetan kantitate handiagoan jariatzen da, eta immunoglobulinak (IgG, IgA eta IgM motakoak), konplementu sistemaren proteinak, zitokinak, neutrofiloak, B eta T linfuzitoak, makrofagoak eta zelula plasmaticoak presente egongo dira.

### **1.5. Bakterioen arteko faktore antagonikoak**

Mikroorganismoen artean ematen diren interakzio batzuk kaltegarriak dira mikroorganismo batzuentzako, bere hazkuntza inhibituz.

Ekintza hauek desberdinak izan daitezke; elikagaiak lortzeko lehiak, oxigenoaren murrizketa metabolismo erreazioen bidez, edo substantzia toxikoen ekoizpena, beste mikroorganismoentzako kaltegarriak izango direnak. Mikroorganismo desberdinek ekoizten dituzten produktu toxikoen artean hidrogeno peroxidoa, azidoak, amoniako edo hidrogeno sulfuroen bezalako substantziak aurkitzen dira, beste mikroorganismoen gainean efektu toxikoa edukiko dituztenak.

Estreptokoko espezie batzuk, hidrogeno peroxidoa ekoizten dute, eta ekintza toxikoa edukiko du inguruan dauden beste bakterio batzuentzako, osagai hau elimintatzeko sistema bereziak ez dituztenak.

Mikroorganismo batzuen metabolismoan azido azetico, butiriko, edo formiko bezalako osagaiak ekoizten dira; pHa jaitsiko dute eta ondorioz beste mikroorganismoen hazkuntza inhibituko da.

Oxigenoaren erabilerari dagokionez, bakterio aerobio eta anaerobio fakultatiboek bizileku anaerobioak sortuko dituzte oxigenoa agortzen dutenean. Ondorioz, mikroorganismo aerobio hertsien hazkuntza inhibituko da anaerobioena baimenduz.

Beste mikroorganismo batzuk ekintza antimikrobianoa duten produktuak ekoiztuko dituzte, hala nola bakteriozinak, beste mikroorganismoen hazkuntza inhibituz.

## 2. AHO MIKROBIOTAREN ALDE ONURAGARRIAK

Aho mikrobiotako mikroorganismoak, mikroorganismo patogenoen kolonizazioa ekiditzen dute, gainazal desberdinetan atxikituta agertzen direnez, ez dute leku liberik lagatzen mikroorganismo patogenoak atxikidura lortzeko. Gainera sistema immunea estimulatzen dute; horrela, adibidez, viridans taldeko estreptokokoek kontra garatzen den erantzun immunea *Streptococcus pneumoniae*ren kontrako babesa emango du.

Aho barrunbean aurkitzen diren mikroorganismo batzuk bitaminak ekoizten dituzte.