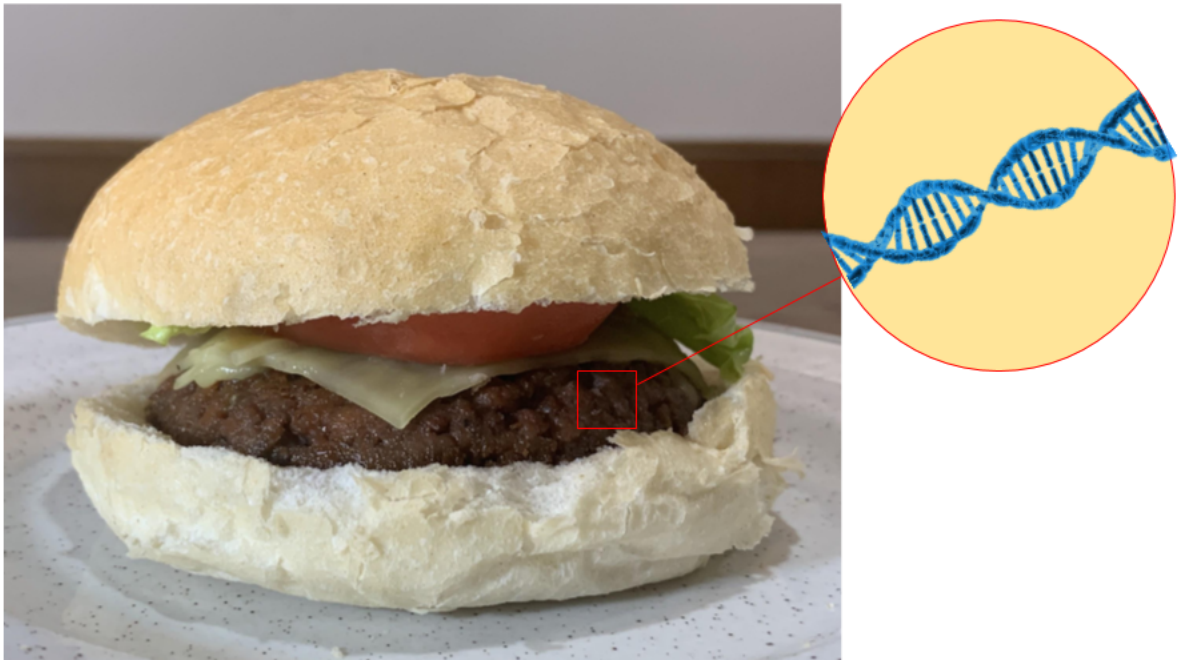
LA BIOTECNOLOGIA EN LA CARN, UN PAS IMPORTANT



Autor: Marc Pagès Sabaté

Curs: 2n Batxillerat D

Tutor: Albert Ramos

Data de presentació: 15/01/2021

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ ……...3

1. PRODUCCIÓ MASSIVA DE CARN……....7

1.1. En què consisteix? ……....7

1.2. Aspectes importants ……8

1.3. Efectes negatius ……....9

1.4. Possibles solucions i millores ……...12

1.5. Avantatges de la nova carn ……...14

2. L'HEMOGLOBINA DE BOU I LA LEGHEMOGLOBINA DE SOJA……...15

2.1. Incidència en el treball ……...15

2.2. La proteïna. Definició……..15

2.2.1. Component essencial i la seva respectiva estructura……..16

2.2.2. Estructura de la proteïna ……..17

2.3. Què és l'hemoglobina? ……..20

2.4. Què és la leghemoglobina?……...22

2.5. Elements semblants entre les dues proteïnes ……...25

2.6. Propietats organolèptiques dels components de l'anàleg vegetal ……..26

3. ESTUDI EXHAUSTIU DE L'HEMOGLOBINA DE BOU I DE SOJA …...……...27

3.1. Definició general de biotecnologia ……...27

3.2. Estudi dels aminoàcids presents en l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja ……27

4. SÍNTESI HAMBURGUESA VEGETAL...……31

4.1. Procés de síntesi……31

4.2. Disseny del test sensorial ……..35

4.3. Enquesta vinculada al test sensorial ……...39

5. ENQUESTA SOBRE LA PRODUCCIÓ MASSIVA DE CARN……47

CONCLUSIONS ……...51

NOTA D'AGRAÏMENTS ……..55

BIBLIOGRAFIA I ÍNDEX D'IMATGES ...……..57

ANNEXOS ……65

ANNEX 1. Seqüència de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja, i la seva respectiva comparació……..65

ANNEX 2. Informació de l'enquesta relacionada amb el test sensorial …….70

ANNEX 3. Informació de l'enquesta de producció massiva de carn ……..78

ANNEX 4. Expressió genètica. Procediment teòric de la síntesi del tripèptid de leghemoglobina……...81

INTRODUCCIÓ

El títol del meu treball de recerca és “La biotecnologia en la carn, un pas important”. L’estudi se centra en la recerca d’un mètode eficient per poder produir un aliment sensitivament equivalent a la carn a partir de productes procedents de les plantes. És per aquesta raó que el meu treball s’adscriu, doncs, a l’àmbit de les ciències empíriques, en concret de la biotecnologia.

Les raons per les quals he triat aquest treball es resumeixen, en primer lloc, en l’interès personal en l’àmbit de la biotecnologia i la indústria de l’alimentació; en segon lloc, cercar un mètode efectiu per disminuir el sacrifici d’una quantitat important d’animals per a l'elaboració de carn; finalment, també caldria destacar que l’àmbit de la biotecnologia cada vegada està agafant més importància, a causa de la gran demanda que té. Aquest fet està relacionat amb la necessitat de trobar solucions efectives envers uns dels principals problemes de l’actualitat: el canvi climàtic i l’escassetat d’aliments. A banda del meu interès personal, la recerca té un interès científic o objectiu perquè el treball es basa en la comprovació personal d’un avenç científic en el camp de la biotecnologia. Aquest avenç, com he comentat anteriorment, és la producció d’un aliment anàleg a la carn a partir de productes procedents de plantes. Abans d’arribar a triar aquest tema havia pensat en diverses possibilitats, com ara l’estudi del càncer de pàncrees. Tot i ser un treball amb gran interès científic i, al mateix temps personal, ja que m’havia tocat de prop, vaig descartar aquesta opció. Ho vaig fer perquè crec que no tinc suficients coneixements per a poder estudiar i treballar amb total precisió aquest complicat àmbit.

La investigació parteix de la pregunta següent: podem produir carn a partir d’elements procedents de les plantes principalment? La formulació d’aquesta pregunta es deu a la necessitat de cercar mètodes alternatius per poder solucionar un dels principals problemes en l’actualitat: el dany creixent al medi ambient. A més, la decisió també rau en la millora de la salut global. Així, doncs, els objectius del meu treball són:

1. Conèixer i descriure els efectes negatius que estan determinats per la producció massiva de carn.
2. Conèixer quins són els elements que coincideixen en les plantes i els animals, a més de saber quin fa possible la semblança en les propietats organolèptiques.
3. Saber com afecten aquests elements a l'hora de donar-li gust.
4. Saber si es poden produir productes anàlegs a partir de les plantes.
5. Analitzar els aminoàcids presents en l'hemoglobina de bou i de soja.
6. Poder sintetitzar una seqüència d'aminoàcids, pròpia de dues proteïnes anàlogues entre animals i vegetals, en concret, l'hemoglobina i la leghemoglobina respectivament.
7. Produir casolanament una hamburguesa vegetal i fer un tast per comparar-la amb una hamburguesa de carn de bou, a més de comprovar-ne la fiabilitat.
8. Donar a conèixer els conceptes més importants de la producció massiva de carn i observar els coneixements de la població envers aquest àmbit.

Per tal d'assolir aquests objectius, he utilitzat la metodologia detallada a continuació: per començar, he fet una recerca bibliogràfica. He consultat diverses pàgines web per tal d'aconseguir bona part de la informació. També, he pogut consultar diferents llibres, tant acadèmics com científics, que m'han permès recopilar informació per al desenvolupament del meu treball. A més, he tingut l'oportunitat de posar-me en contacte a través de videoconferències i missatges amb experts en el funcionament del camp de la bioquímica: la Sra. Sandra Planas, empleada de l'empresa IRTA, i el Sr. Grau Matas, investigador de components vegetals en el camp de la bioquímica, també de l'empresa IRTA. D'aquesta manera, m'han pogut ajudar en el progrés del meu projecte. Igualment, he pogut posar-me en contacte amb el Sr. Marc Martín, d'Illumina Accelerator, empresa nord-americana dedicada a la inversió i la creació d'empreses biotecnològiques. A la vegada, per a poder acomplir l'objectiu de sintetitzar una petita cadena peptídica, he sol·licitat el suport del Departament de

Bioquímica de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, per poder fer servir les seves instal·lacions i els seus recursos.

El treball s'estructura de la manera següent: la primera part consisteix en una contextualització en què s'exposen els nombrosos problemes de la producció de carn. Seguidament, s'estudia la composició de la molècula orgànica que fa possible bona part de l'alteració, és a dir, la possibilitat de formar un anàleg vegetal a la carn bovina, a més d'una mínima comparació per argumentar aquesta alteració. A continuació, s'aprofundeix en la identificació de tots els aminoàcids que estan presents en l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja. I, per acabar, s'estudia la manera més eficaç per a produir la part més important del prototip de carn sintetitzada amb elements procedents de les plantes. D'aquesta manera, es fa una part assequible d'una seqüència d'aminoàcids d'una proteïna determinada, la qual cosa em servirà per comprovar que amb unes condicions econòmiques i temporals més favorables es podria obtenir el prototip sencer de carn.

Val a dir però, que, l'estructura del treball ha estat alterada per la irrupció de la Covid-19. Donades les circumstàncies el present treball s'ha hagut de redirigir pel que fa a la formulació de l'objectiu de la síntesi d'un tripèptid de leghemoglobina. La impossibilitat d'accedir a un laboratori en el que de dur a terme aquesta síntesi fa que es descarti aquest objectiu i que es desplaci una part de l'estudi previ a l'apartat d'Annexos. Així mateix, aquesta és la raó per la qual s'estableixen dos objectius nous, ja comentats anteriorment. El primer objectiu és produir casolanament una hamburguesa vegetal i fer un tast per comparar-la amb una hamburguesa de carn de bou. L'altre objectiu consisteix a donar a conèixer els conceptes més importants de la producció massiva de carn i observar els coneixements de la població envers aquest àmbit.

En resum, l'interès i l'originalitat del meu treball rauen en l'estudi d'un àmbit que s'està donant a conèixer i que pot ser molt rellevant en l'evolució positiva de la humanitat i del medi ambient. Actualment, l'ús d'aquest àmbit innovador comença a tenir importància progressivament arreu del món, tot i que on aquest augment és més notable és en empreses multinacionals nord-americanes.

Considero que puc aportar una visió favorable del camp de la biotecnologia, pel que fa a la seva importància a l'hora d'avançar cap a la millora del present i la prosperitat del futur.

1. PRODUCCIÓ MASSIVA DE CARN

1.1. En què consisteix?

La producció massiva de carn és molt freqüent arreu del nostre planeta i, és duta a terme fonamentalment per un tipus d'indústria alimentària anomenada indústria càrnia. Aquesta és l'encarregada de produir, processar i distribuir la carn als centres de consum.

D'aquesta manera, la producció massiva de carn consisteix essencialment en una alta i freqüent producció d'aquest aliment. Aquest fet ve determinat principalment per un consum exacerbat de carn i d'altres derivats animals procedents de la ramaderia industrial. A més, el seu consum als països desenvolupats ha aconseguit nivells insostenibles[1], fet que ha provocat un augment desconsiderat d'aquesta producció. Així mateix, aquest augment també ha estat afavorit per dues raons més. Primer de tot, la revolució industrial en el sector ramader va influir de tal manera que va establir l'inici del consum de carn de manera descontrolada.[2] D'altra banda, també va influir la visió exagerada que existeix i que considera normal, natural, necessari i agradable el seu consum.[3]

Aquesta alta producció es fa sense tenir en compte els principals problemes que es generen, que no només afecten el medi ambient, sinó també la qualitat de vida de les persones i els animals que són sacrificats mitjançant aquestes activitats ramaderes.

De fet, la producció massiva de carn i el seu fàcil accés contribuiran a augmentar en un 76 % el consum de carn barata i de baixa qualitat fins al 2050.[4]

---

[1] És a dir, nivells tan desfavorables que han provocat grans inconvenients com els problemes mediambientals, de salut i de biodiversitat, entre d'altres.
[2] Moreno Cullell, V. Els orígens de la industrialització: la revolució agrícola del segle XVIII. Sàpiens. 23/09/2010. https://blogs.sapiens.cat/socialsenxarxa/etiqueta/revolucio-industrial/page/4/
[3] Carn - CA. GreenPeace. https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/carne/
[4] Marcellesi, F. Eurodiputat de EQUO. Comer bien para vivir mejor. Oficina EQUO-Primavera Europea. Pàgina 31. Maig de 2018. http://partidoequo.es/wp-content/uploads/2018/05/Comer-bien-para-vivir-mejor_v4_ENVIAR.pdf

1.2. Aspectes importants

L'informe[5] de l'any 2007 elaborat per l'equip corresponent de la FAO[6] es va centrar a sumar totes les emissions generades al llarg de la cadena de producció de la carn: des de la producció de pinsos, incloent-hi la desforestació per a la producció de farratges, la producció de fertilitzants químics i la producció d'espais de pastures, passant per la producció animal, és a dir, les emissions de la fermentació i d'oxigen a causa dels excrements, fins al diòxid de carboni (CO_2) alliberat durant no només l'elaboració sinó també el transport dels productes al consumidor. El resultat d'aquesta suma s'allunya de l'esperança. Exactament, el sector ramader és responsable del 9 % del CO_2 procedent de les activitats humanes. D'altra banda, produeix un percentatge molt més elevat dels gasos hivernacle més perjudicials. D'entrada, aquest sector genera una quantitat elevada d'òxid nitrós (N_2O) que basa la seva major part en la producció d'excrements del bestiar. Genera el 65 % de l'òxid nitrós d'origen humà, el qual té 296 vegades més potencial d'escalfament global que el CO_2. A més, també és responsable del 37 % de tot el metà (CH_4) produït per l'activitat humana, 23 vegades més perjudicial que el CO_2, que s'origina principalment en el sistema digestiu de les vaques. Finalment, el sector ramader produeix el 64 % de tot l'amoníac (NH_3), que contribueix significativament a la pluja àcida, entre altres factors.[7]

Així mateix, el sector agrícola és el responsable del 26 % del conjunt de les emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle[8], una dada que augmenta la importància en la millora d'aquest sector, principalment en la reducció de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

A més, una altra dada d'interès és el fet que el procés complet de l'agricultura animal, esmentat anteriorment, produeix més gasos d'efecte hivernacle en

[5] Matthews, C. La ganadería amenaza el medio ambiente. FAO. 29/11/2007. Roma. http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html
[6] Sigles en anglès de *"Food and Agriculture Organization"*, Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació.
[7] Cros, M. L'efecte destructiu i poc conegut de la carn. El Temps. 17/08/2017 https://www.eltemps.cat/article/1960/consum-carn-destrueix-planeta
[8] Gonzalvo, P. Canvi climàtic i agricultura: un futur incert. Ets el que menges. 05/07/2017. https://etselquemenges.cat/repte/canvi-climatic-i-agricultura

l'atmosfera que els que produeixen directament tots els cotxes, trens, vaixells i avions, tots ells combinats. Aquestes dades se situen en un 14,5 % la primera i un 14 % la segona.[9]

D'altra banda, també se sap que aquesta activitat, conjuntament amb l'agricultura, consumeix més aigua dolça que qualsevol altra activitat humana.[10] Així mateix, hi ha una despesa molt important en els aliments carnis, com és el cas de la carn bovina (15.000 L/1 kg).[11]

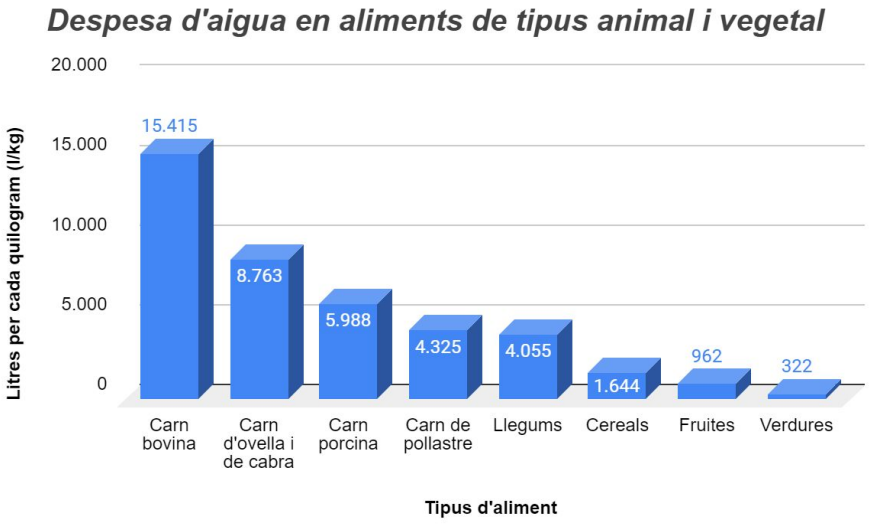


Figura 1. En aquest gràfic es pot apreciar la despesa d'aigua en aliments animals i vegetals.[12]

1.3. Efectes negatius

La producció massiva de carn causa greus problemes que afecten un gruix important de la població directament però també indirectament. Aquests problemes es basen principalment en problemes de salut global i en efectes negatius que incideixen en el canvi climàtic.

[9] Mottet A, i Steinfeld, H. (18 de setembre, 2018). Automóviles o ganado: ¿cuáles contribuyen más al cambio climático? FAO. Thomson Reuters Foundation News. https://news.trust.org/item/20180918083629-d2wf0

[10] Coneixes l'aigua? Programa educatiu de medi ambient de Vic. Ajuntament de Vic. Pàgina 6. https://programamediambient.vic.cat/wp-content/uploads/2015/09/Esquema-d%C3%BAs-Coneixes-laigua-V2015.pdf

[11] "Mekonnen y Hoekstra (2010)". Pàgina 29.

[12] Informació extreta i adaptada de "Mekonnen y Hoekstra (2010)". Pàgina 29.

Primerament, l'Organització Mundial de la Salut (OMS) ha classificat la carn processada[13] com a carcinògena per als humans i, la carn vermella com a probablement carcinògena per als humans. Així mateix, l'excés de carn vermella és favorable a provocar càncer de pàncrees, càncer de pròstata o càncer colorectal.[14]

D'aquesta manera, es pot fer una classificació del tipus de carn. Es diferencia entre carn vermella i carn blanca:[15]

- La carn vermella és un tipus de carn que es troba entre les fibres musculars. Aquesta carn conté una quantitat de greix més elevada. Per tant, consumir aquest tipus de carn augmenta el risc de patir malalties cardiovasculars i obesitat, a part d'alguns tipus de càncers. Alguns exemples d'aquest tipus de carn són el porc, la vedella, el xai, el cavall i la cabra.

- La carn blanca o magra és un tipus de carn que es troba majoritàriament a la pell o greix visible que es pot retirar amb facilitat. Aquesta carn conté una quantitat de greix inferior a la carn vermella. Per tant, és més saludable. Prové principalment d'aus com el pollastre, el gall d'indi i del conill.

A més, el consum excessiu de carn, combinat amb la falta d'exercici físic, contribueix a deteriorar la nostra salut. Per tant, afecta en el sobrepès, l'obesitat i les malalties cardiovasculars.

Per contra, l'ús massiu d'antibiòtics en el sector ramader causa el desenvolupament de resistències a aquests medicaments. L'Organització Mundial de la Salut i la Comissió O'Neill, creada pel govern del Regne Unit per estudiar aquest problema, adverteixen que si es manté el ritme de l'última dècada, a mitjans d'aquest segle moriran uns 10 milions de persones a l'any a causa de la resistència que tindran alguns bacteris als antibiòtics. Per tant, per poder contrarestar aquesta previsió cal tenir en compte les paraules del doctor Kazuaki Miyagishima, director del Departament d'Innocuïtat dels Aliments i Zoonosi de l'Organització Mundial de la

[13] La carn processada és qualsevol tipus de carn que ha estat transformada amb sal, curació, fermentació, fumat, per millorar el gust i preservar l'aliment.
[14] Carcinogenicidad del consumo de carne roja y de la carne procesada. (Octubre, 2015). Organització Mundial de la Salut (OMS). https://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/es/
[15] Diferències entre la carn blanca i la vermella. Nomen. (03/06/2019). https://nomen.es/ca/diferencies-carn-blanca-i-la-vermella/

Salut. Aquest deia: “El volum d’antibiòtics utilitzats en animals segueix augmentant a tot el món a causa de la creixent demanda d’aliments d’origen animal (...)”.

D’altra banda, l’ús d’antibiòtics també és causat per les condicions desfavorables en què es mantenen els animals. Això també afecta la generació potencial de pandèmies.[16]

Seguidament, la ramaderia és responsable de l’emissió d’entre el 14,5 % - 18 % dels gasos amb efecte hivernacle (GEH).[17] És per aquesta raó que la producció massiva de carn és una de les principals causes de l’escalfament del planeta.

A més, la producció massiva de carn monopolitza la terra cultivable. Aquest fet afavoreix la gran expansió d’aquesta producció, ja que la ramaderia fa servir més del 30 % de tota la superfície terrestre del planeta.[18] Així mateix, dins d’aquest percentatge també s’ha de tenir en compte la utilització d’una part d’aquesta superfície terrestre per a la producció de cultius per alimentar els animals. D’altra banda, la creació de pastures afecta dràsticament el principal pulmó del planeta, l’Amazones. Un 70-80 % dels boscos que han desaparegut a l’Amazones s’han destinat a aquestes activitats ramaderes.[19]

D’altra banda, la producció massiva de carn és una de les principals causes de la contaminació de l’aigua, així com la pèrdua de biodiversitat. Aquesta darrera és provocada per l’augment de la concentració de la nostra alimentació i la dels animals en quatre espècies vegetals principals: blat, soja, blat de moro i arròs.[20]

---

[16] Elcacho, J. Periodista especialitzat en medi Ambient i ciència. Resistència als antibiòtics provocada per la ramaderia. Bio Eco Actual. 19 de març 2019. https://www.bioecoactual.com/ca/2019/03/19/resistencia-als-antibiotics-ramaderia/

[17] Esquius Espinal, D. (01 de gener, 2019). L’economia de la carn: creixement insostenible. Pàgina 8. Estudis d’Economia i Empresa. Grau en Administració i Direcció d’Empresa. http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/92046/6/desquiusTFG0119mem%C3%B2ria.pdf

[18] Ramos, V. Alternativas a la carne para intentar reducir el impacto medioambiental. Eulixe. 25/07/19. https://www.eulixe.com/articulo/actualidad/las-alternativas-a-la-carne/20190725011652015800.html

[19] Carn - CA. GreenPeace. https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/carne/

[20] Carn - CA. GreenPeace. https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/carne/

1.4. Possibles solucions i millores

Els efectes negatius conformen una de les preocupacions més alarmants arreu del món. És per aquesta raó que diferents associacions i països intenten buscar una alternativa favorable per a contrarestar aquests greus problemes.

Un dels països interessats a frenar l'avanç d'una de les pitjors catàstrofes que es podria produir a escala mundial és Alemanya, on no només les files polítiques socialdemòcrates i ecologistes, sinó també algunes veus conservadores, estudiaven la possibilitat d'aplicar un increment de l'IVA en els productes carnis. A més, aquest important canvi tindria les bases en un informe contundent de l'ONU[21], que deia que s'havien de reduir les emissions de CO_2.[22]

Això no és tot, també s'han buscat altres mesures com ara impulsar dietes veganes o vegetarianes, fomentar activitats específiques de formació i conscienciació o augmentar les ajudes econòmiques que permetin apostar per ramaderies ecològiques.

Per contra, tot i que aquestes mesures poden ser força favorables, s'estudien altres alternatives que, a priori, podrien ser més eficients i que estan relacionades amb un canvi favorable de la dieta per tal d'assolir els objectius i millores proposades.

Una d'aquestes alternatives és la producció de carn al laboratori. Aquesta possibilitat consisteix a alimentar amb químics diferents cèl·lules mare dels músculs de la carn durant diverses setmanes, en concret tres, fins que es desenvolupen en fibres musculars. Seguidament, s'uneixen amb d'altres per a formar la nova hamburguesa de "carn". Per contra, aquesta alternativa proposa un gust diferent del de la carn natural.

[21] Climate Change and Land. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 04/08/2009. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf

[22] Serra, O. Alemanya es planteja encarir la carn per combatre la contaminació. CCMA-3/24. 08/08/2019. https://www.ccma.cat/324/alemanya-planteja-encarir-la-carn-per-combatre-la-contaminacio/noticia/2940458/

A més, aquest experiment científic, dut a terme a la Universitat de Maastricht el 2013, és un procés difícil i costós.[23]

Les dificultats per a poder desenvolupar aquesta nova tècnica deixa en una posició avantatjosa la possibilitat de produir carn a partir de diferents elements vegetals.

Un conjunt creixent de dades epidemiològiques cita que menjar molta carn vermella, és a dir, la carn del múscul dels mamífers, pot ser perjudicial per a la salut.[24] A més, afegeixen que canviar la proteïna derivada dels animals per proteïna derivada de les plantes podria reduir significativament la mortalitat general. D'aquesta manera, es podria produir un aliment amb la mateixa proteïna i ferro que un aliment carni produït a partir d'una vaca. Per contra, l'única diferència seria que la seva proteïna prové únicament de les plantes, i es produeix sense l'ús d'hormones o antibiòtics, no crea un reservori de patògens perillosos i no conté colesterol ni contaminants de l'escorxador.[25]

Aquestes proteïnes -hemoglobina i leghemoglobina- tenen en comú el grup hemo, una molècula essencial per a mantenir-nos vius. Aquesta és l'encarregada de donar el color vermellós de la sang, a més del color i el sabor de la carn.

Com s'ha comentat, el grup hemo també es troba present a les plantes, específicament a la leghemoglobina[26], una hemoproteïna que es troba a les plantes lleguminoses. Aquesta proteïna se situa a les arrels dels llegums i ajuda a extreure nitrogen de l'aire per enriquir la terra. A més, la leghemoglobina fa la mateixa funció que la mioglobina, una proteïna que es troba en el teixit muscular. D'altra banda, la

[23] Presentan la primera hamburguesa de carne sintética. La Vanguardia. (05/08/2013). https://www.lavanguardia.com/ciencia/20130805/54378357046/presentan-la-primera-hamburguesa-de-carne-sintetica.html

[24] Carn de canó -Per què mengem tanta carn i com ens emmalalteix. (Març, 2019). Justícia Alimentària. Pàgina 49. https://justiciaalimentaria.org/sites/default/files/docs/carn_de_cano_web_cat.pdf

[25] ¿Ya conoces la hamburguesa imposible?. ONU, programa para el medio ambiente. 26 abril 2019. https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/ya-conoces-la-hamburguesa-imposible

[26] Proteïna que conté el grup hemo com a grup prostètic.

leghemoglobina té una estructura semblant a l'hemoglobina, proteïna que també conté el grup hemo.[27]

1.5. Avantatges de la nova carn

La producció d'aquesta nova carn proporcionaria una millora en l'àmbit mediambiental. Aquesta afirmació es basa en les dades aportades per una important empresa en aquest àmbit, Impossible Foods, la qual ha creat la Impossible Burger. Així, doncs, aquest anàleg vegetal a la carn utilitzarà un 75 % menys d'aigua, generarà un 97 % menys de gasos d'efecte hivernacle i requerirà un 95 % menys de terra per a cultivar.[28] Segons aquesta mateixa empresa, la quantitat d'aigua utilitzada per cultivar la collita i per beure és de 20,5 - 23,5 galons[29] en el cas de l'hamburguesa bovina, en contraposició amb els 6,0 galons a la Impossible Burger.[30]

Així mateix, hi ha una millora en la qualitat de la nova carn, que proporciona una dieta més completa pel que fa a nutrients. Aquesta es basa en el simple fet que tindrà una quantitat més elevada d'ingredients, dels quals destaquen el blat, els greixos de coco i la soja. Per contra, la carn de bou només està formada per un sol ingredient, la seva pròpia carn. Per exemple, per cada 100 grams de carn bovina 18,9 grams són proteïnes; en canvi, per cada 100 grams de soja -un dels principals components de la nova carn- 34,74 grams són proteïnes.

Finalment, com s'ha comentat anteriorment, el consum de carn vermella -en aquest cas, de bou- afecta negativament la nostra salut. Per tant, la producció de la nova carn és positiva si es fa referència a la salut global, ja que el consum de qualsevol tipus de carn es veu reduït completament.

---

[27] Leghemoglobina. 2001. Wikipedia. Actualitzada 10/04/2020. https://es.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobina

[28] Brown, P. CEO and Founder. Heme & Health: The Essentials. Impossible Foods. (02/03/2018). https://medium.com/impossible-foods/heme-health-the-essentials-95201e5afffa

[29] 1 galó (estatunidenc) són 3,785 litres, aproximadament.

[30] Sustainability is your main ingredient. 2017 sustainability report. Impossible™. Pàgina 10. file:///C:/Users/Marc/Downloads/IF%20Sustainability%20Report%202017.pdf

2. L'HEMOGLOBINA DE BOU I LA LEGHEMOGLOBINA DE SOJA

2.1. Incidència en el treball

Hi ha moltes possibles solucions i millores en els problemes esmentats anteriorment, però el més adequat és la relació entre les proteïnes hemoglobina i leghemoglobina. Així mateix, la relació es basa principalment en el fet que l'hemoglobina i la leghemoglobina comparteixen una molècula essencial anomenada grup hemo. Aquesta és la que fa que la carn tingui gust de carn[31]. Aquest fet possibilita la síntesi i la formació d'aquesta nova "carn" i aporta les principals propietats organolèptiques.

Per tant, és important conèixer les característiques essencials de les proteïnes per a poder entendre aquesta solució.

2.2. La proteïna. Definició

Les proteïnes són molècules orgàniques formades principalment per carboni, hidrogen i nitrogen. De totes maneres, és freqüent que continguin sofre. A més, alguns elements com fòsfor, ferro, coure i magnesi, entre d'altres, són també presents en algunes proteïnes. Aquestes molècules, normalment de mida molt gran, estan formades per la unió lineal o polimerització[32] d'uns compostos orgànics anomenats aminoàcids.[33]

Així mateix, les proteïnes tenen unes propietats característiques que depenen essencialment dels seus radicals R. Primerament, les proteïnes són solubles, és a dir, poden establir enllaços d'hidrogen amb les molècules d'aigua, fet que possibilita la interacció d'ambdós grups de molècules. A més, produeixen la desnaturalització, procés pel qual es perd generalment l'estructura terciària. D'altra banda, les proteïnes desenvolupen l'especificitat per a poder diferenciar unes molècules d'unes altres de similars. Finalment, aquestes molècules orgàniques tenen un caràcter

[31] Brown, P. CEO and Founder. Heme & Health: The Essentials. Impossible Foods. (02/03/2018). https://medium.com/impossible-foods/heme-health-the-essentials-95201e5afffa
[32] Reacció química en la qual es combinen diverses molècules per formar-ne una altra de més pes molecular anomenada polímer.
[33] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.

amfòter, és a dir, tenen la capacitat de comportar-se com un àcid i alliberar protons (H+) o com una base i alliberar hidroxils (OH-).[34]

2.2.1. Component essencial i la seva respectiva estructura

Els components principals de les proteïnes són els aminoàcids. Aquests són compostos orgànics de baix pes molecular que estan formats per un grup àcid o carboxil (-COOH), un grup amino (-NH_2), un àtom d'hidrogen (H) i un grup variable anomenat radical R. A més, són compostos sòlids, solubles en aigua, cristal·litzables i amb un alt punt de fusió. D'altra banda, en dissolució aquosa, tenen un comportament amfòter, de la mateixa manera que succeeix en les proteïnes.[35]

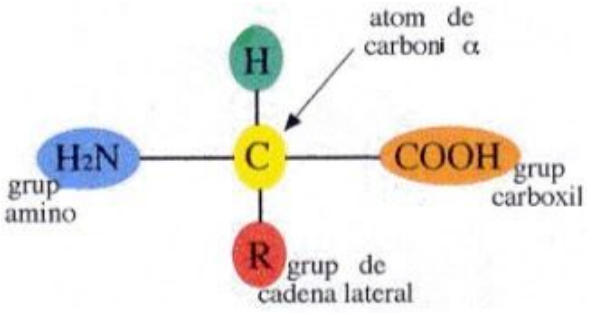


Figura 2. Estructura dels aminoàcids.[36]

D'altra banda, els aminoàcids que formen proteïnes són els aminoàcids primaris. Segons el radical R, hi ha vint tipus d'aminoàcids primaris. A més, aquests es poden classificar en tres tipus diferents d'aminoàcids.[37]

- Aminoàcids no polars o hidrofòbics. El radical (R) és una cadena hidrocarbonada[38]. Aquests són: alanina (Ala), valina (Val), leucina (Leu), isoleucina (Ile), metionina (Met), fenilalanina (Phe), prolina (Pro) i triptòfan (Trp).

- Aminoàcids polars sense càrrega. El radical (R) és una cadena amb radicals que formen enllaços d'hidrogen amb l'aigua. Estan formats per: glicina (Gly),

[34] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.
[35] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.
[36] Font: http://www.oocities.org/tonicasany/proteines.pdf
[37] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.
[38] Cadena d'àtoms de carboni units entre si a través d'enllaços simples, dobles o triples, cadascun dels quals també units a àtoms d'hidrogen o altres radicals.

serina (Ser), treonina (Thr), cisteïna (Cys), asparagina (Asn), glutamina (Gln) i tirosina (Tyr).

- Aminoàcids polars amb càrrega negativa. El radical (R) presenta un grup àcid (-COOH). Hi pertanyen: àcid aspàrtic (Asp) i àcid glutàmic (Glu).
- Aminoàcids polars amb càrrega positiva. El radical (R) presenta un grup bàsic, com pot ser un amino ($-NH_2$). En aquest tipus d'aminoàcids hi ha: lisina (Lys), arginina (Arg) i histidina (His).

Aquests aminoàcids són els que faran possible l'alteració en les propietats organolèptiques, ja que, com s'ha dit anteriorment, són els aminoàcids proteics.

Així mateix, els aminoàcids també es poden classificar segons si són essencials o, per contra, no essencials per a l'espècie humana. D'aquesta manera, hi ha deu aminoàcids que no poden ser sintetitzats pel cos humà a partir d'altres compostos. Aquests aminoàcids essencials són: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptòfan, valina, arginina i histidina.[39]

2.2.2. Estructura de la proteïna

Primerament, per poder comprendre l'estructura d'una sola proteïna s'ha d'especificar les unions que fan possible aquesta estructura.

D'aquesta manera, sabent que una proteïna està formada per la múltiple unió d'aminoàcids, aquests s'uneixen entre si a través d'uns enllaços químics anomenats enllaços peptídics. Aquest enllaç covalent s'estableix entre el grup carboxil d'un aminoàcid i el grup amino del següent. La formació d'aquest enllaç conclou amb el despreniment d'una molècula d'aigua (H_2O).[40]

D'altra banda, segons el nombre d'aminoàcids enllaçats, la cadena té un nom específic. Concretament, en el corresponent estudi de la leghemoglobina estem

[39] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: L'anabolisme heteròtrof. 2n de batxillerat.
[40] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.

tractant amb un polipèptid, ja que el nombre d'aminoàcids enllaçats és superior a deu.

Així doncs, l'estructura de les proteïnes està diferenciada per quatre nivells: estructura primària, estructura secundària, estructura terciària i estructura quaternària.

Per a començar, l'estructura primària està constituïda per la seqüència d'aminoàcids de la proteïna. Per tant, dona a conèixer els aminoàcids que en formen part i l'ordre en què s'han establert. És per aquesta raó que l'estructura primària té una importància transcendental.[41]

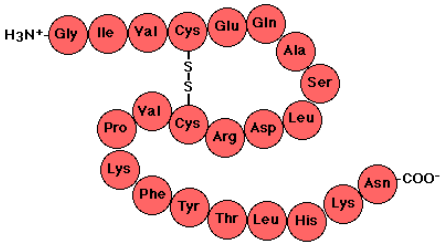


Figura 3. Estructura primària de les proteïnes.[42]

Seguidament, l'estructura secundària fa referència a l'ordenació en l'espai de les cadenes d'aminoàcids, és a dir, de l'estructura primària. Segons el nombre d'enllaços d'hidrogen que presenta:[43]

- En l'***α***-hèlix. L'estructura primària s'enrotlla sobre si mateixa formant una espiral dextrogira[44]. Aquesta estructura es dona gràcies als ponts d'hidrogen formats entre l'oxigen del -CO-[45] d'un aminoàcid i del -NH-[46] del quart aminoàcid successiu.

- Hèlix de col·lagen. Estructura semblant a l'***α***-hèlix, però que només consta de tres aminoàcids per volta.

---

[41] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat. Estructura de las proteínas - Estructura primaria. IES Salvador Victoria. http://iesmonre.educa.aragon.es/alumnos0607/websnov/proteinas/strucproteinas.htm
[42] Font: http://www.ehu.eus/biomoleculas/proteinas/prot41.htm
[43] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat. Estructura de las proteínas - Estructura secundaria. IES Salvador Victoria. http://iesmonre.educa.aragon.es/alumnos0607/websnov/proteinas/strucproteinas.htm
[44] Dit del mineral o substància que desvia el pla de vibració de la llum polaritzada cap a la dreta.
[45] Grup carboxil. Per tant, és el grup que conté carboni (C).
[46] Grup amino. Per tant, és el grup que conté nitrogen (N).

- Conformació-β. Làmina plegada en ziga-zaga a causa dels ponts d'hidrogen establerts entre les cadenes.

D'altra banda, existeix l'estructura terciària. Aquesta consisteix en la disposició a l'espai que presenta l'estructura secundària quan es produeixen un conjunt de plegaments originats per la unió de determinades zones de la cadena d'aminoàcids. Per tant, l'estructura terciària consisteix en la posició tridimensional de l'estructura secundària. Aquesta és la més important. El conjunt d'accions citat anteriorment forma el que es coneix com a conformació globular, encarregada de la funció de la proteïna, és a dir, de la seva activitat biològica.[47]

Els diferents enllaços entre els radicals R dels aminoàcids mantenen les conformacions globulars estables. Aquestes unions són: pont disulfur, pont d'hidrogen, interaccions iòniques, interaccions hidròfobes i forces de Van der Waals. [48]

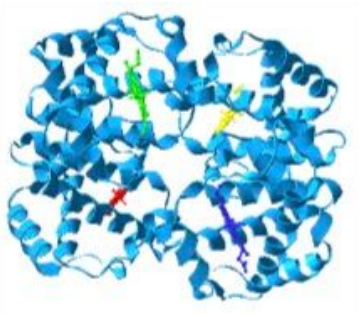


Figura 4. Estructura terciària de l'hemoglobina de bou.[49]

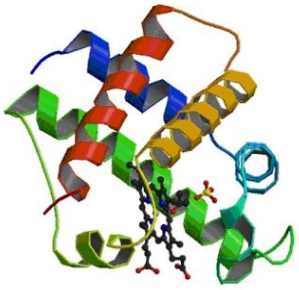


Figura 5. Estructura terciària de la leghemoglobina de soja.[50]

Finalment, algunes proteïnes també estan formades per l'estructura quaternària. Aquesta està constituïda per l'associació de dues o més cadenes polipeptídiques amb estructura terciària, que dona lloc a un agrupament de subunitats proteiques o

[47] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat. Estructura de las proteínas - Estructura terciaria. IES Salvador Victoria. http://iesmonre.educa.aragon.es/alumnos0607/websnov/proteinas/strucproteinas.htm
[48] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat.
[49] Font: https://www.fis.unam.mx/pdfs/seminariosBiofisica/Hemoglobinas_vegetales-RAP.pdf
[50] Font: https://www.researchgate.net/figure/Figura-112-A-Estructura-3D-de-la-leghemoglobina-de-Glycine-max-soja-pdb-1BIN-a-2-2_fig7_282606296

protòmers. A més, el tipus d'unió que predomina en aquest tipus d'estructura són els enllaços febles, és a dir, els que no són covalents[51].[52]

2.3. Què és l'hemoglobina?

L'hemoglobina és una proteïna que transporta l'oxigen (O_2) dels pulmons als teixits i òrgans del cos. A més, també s'encarrega de transportar el diòxid de carboni (CO_2) de tornada cap als pulmons. Així mateix, es localitza en els glòbuls vermells dels vertebrats i als teixits d'alguns invertebrats.[53] D'altra banda, l'hemoglobina duu a terme una altra important funció com és la regulació del pH.[54]

La síntesi d'aquesta proteïna es produeix a partir d'una sèrie complicada de passos. El grup proteic, és a dir, les cadenes de globina, i el grup prostètic, és a dir, el grup hemo, se sintetitzen per separat i en orgànuls diferents.

Primerament, les parts de la proteïna anomenades cadenes de globina són sintetitzades per ribosomes al citosol[55]. Aquesta síntesi es produeix mitjançant el procés de traducció del seu ARN missatger[56]. Finalment, quan les cadenes de globina, és a dir, les diferents globines, són sintetitzades, s'alliberen en el citoplasma, on estan preparades per unir-se amb el grup hemo.[57]

D'altra banda, el grup hemo se sintetitza a partir de diverses fases als mitocondris i al citosol dels glòbuls vermells immadurs. Per a la síntesi del grup hemo és necessària la unió de la protoporfirina IX[58] i l'ió ferrós (Fe^{2+}), majoritàriament als mitocondris.[59]

---

[51] Els enllaços covalents són aquells que es formen quan dos àtoms comparteixen electrons. Aquest tipus d'unió es caracteritza per ser un enllaç molt fort.
[52] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. Tema 4: Les proteïnes. 1r de batxillerat. Estructura de las proteínas - Estructura cuaternaria. IES Salvador Victoria. http://iesmonre.educa.aragon.es/alumnos0607/websnov/proteinas/strucproteinas.htm
[53] Hemoglobina. Viquipèdia. 2001. Última edició: 17 maig 2020. https://ca.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina
[54] Rodríguez, F. Hemoglobina. Blog de Laboratorio Clínico y Biomédico. Hematología. 21/07/2017. https://www.franrzmn.com/hemoglobina/#Estructura_de_la_hemoglobina
[55] Medi aquós del citoplasma en què es troben immersos els orgànuls cel·lulars.
[56] Síntesi del seu ARN missatger.
[57] Rodríguez, F. Hemoglobina. Blog de Laboratorio Clínico y Biomédico. Hematología. 21/07/2017. https://www.franrzmn.com/hemoglobina/#Estructura_de_la_hemoglobina
[58] Compost orgànic precursor del grup hemo. La seva síntesi es produeix al citoplasma de la cèlul·la a partir de la unió de la Glicina (Gly) -aminoàcid- i Succinil-CoA, un compost d'alta energia.
[59] Rodríguez, F. Hemoglobina. Blog de Laboratorio Clínico y Biomédico. Hematología. 21/07/2017.

Seguidament, un cop ha finalitzat la síntesi d'ambdós grups, es forma un monòmer d'hemoglobina amb un sol grup hemo i una cadena de globina. Posteriorment, se sintetitza un dímer a partir de la unió d'aquest monòmer i un altre monòmer amb diferent cadena de globina. Per finalitzar, la unió d'aquest dímer amb un altre dímer possibilita la formació de la molècula final d'hemoglobina -tetràmer-.[60]

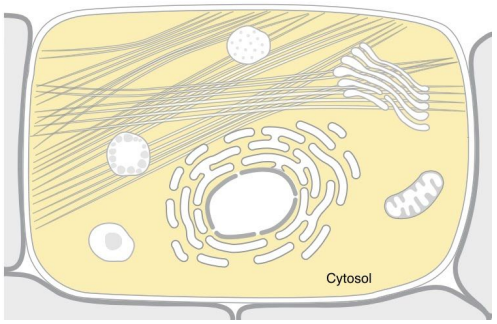


Figura 6. Ubicació subcel·lular de l'hemoglobina.[61]

En la majoria dels humans, la molècula d'hemoglobina és un conjunt de quatre subunitats proteiques globulars, en què cada subunitat està composta per una cadena de proteïna unida a un grup hemo. Les cadenes de globina poden ser de diferent tipus: Alpha (α), Beta (β), Gamma (γ), Delta (δ), Èpsilon (ε) i Zeta (ζ). Així mateix, la major part dels aminoàcids d'hemoglobina tenen forma d'hèlix alfa. A més, el grup prostètic, és a dir, el grup hemo, està format per un ió ferro (Fe) que s'aguanta en un anell heterocíclic[62] anomenat porfirina.[63]

Concretament, en aquest treball es vol analitzar l'hemoglobina de l'espècie *Bos taurus*, és a dir, l'hemoglobina de bou. Aquesta té les mateixes característiques que l'hemoglobina general respecte a la ubicació subcel·lular i a la seva funció. Per contra, l'hemoglobina en aquesta espècie concreta d'animals vertebrats consta de diferent estructura i de seqüència proteica. Pel que fa a l'estructura de la globina, en

https://www.franrzmn.com/hemoglobina/#Estructura_de_la_hemoglobina

[60] Rodríguez, F. Hemoglobina. Blog de Laboratorio Clínico y Biomédico. Hematología. 21/07/2017. https://www.franrzmn.com/hemoglobina/#Estructura_de_la_hemoglobina

[61] Gràfics de Christian Stolte i Seán O'Donoghue; Font: https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

[62] L'anell heterocíclic és un compost cíclic en què un o més àtoms de l'anell són elements diferents del carboni. En el cas de la porfirina hi ha l'hidrogen i el nitrogen.

[63] Hemoglobina. Viquipèdia. 2001. Última edició: 17 maig 2020. https://ca.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina

el cas concret de l'hemoglobina de bou és Beta (β). Per tant, la seva seqüència està formada per 146 aminoàcids, aproximadament.[64]

La imatge següent sobre l'estructura de l'hemoglobina de bou està feta amb el mètode de raigs-X i té una resolució de 2,10 Å[65].[66]

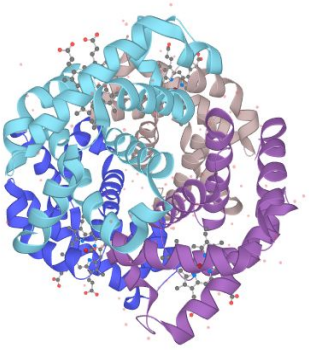


Figura 7. Estructura de l'hemoglobina de bou.[67]

2.4. Què és la leghemoglobina?

La leghemoglobina és una proteïna que es troba en les plantes lleguminoses i és l'encarregada de transportar el grup hemo, una molècula que conté ferro i és fonamental per a la vida. En conseqüència, el fet de tenir un grup hemo com a grup prostètic fa que la leghemoglobina es pugui classificar en un tipus concret de proteïna, l'hemoproteïna.[68]

En tot cas, la leghemoglobina és una proteïna reguladora que controla els nivells de concentració d'oxigen a l'interior del nòdul radicular[69]. De la mateixa manera, conté ferro i actua com un tampó, dit d'una altra manera, augmenta i disminueix la concentració d'oxigen a l'interior del nòdul amb una única finalitat, mantenir l'oxigen constant. Així mateix, aquesta regulació de la tensió de l'oxigen permet que la

---

[64] HBB- Hemoglobine subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. Uniprot. 1965. https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

[65] Un ångström o àngstrom (Å) és una longitud, reconeguda internacionalment, equivalent a 0,1 nanòmetres o 1×10^{-10} metres.

[66] HBB- Hemoglobine subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. Uniprot. 1965. https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

[67] Imatge extreta de https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

[68] What is soy leghemoglobin, or heme. Impossible Foods. https://faq.impossiblefoods.com/hc/en-us/articles/360019100553-What-is-soy-leghemoglobin-or-heme Hemoproteína. Química.es. https://www.quimica.es/enciclopedia/Hemoprote%C3%ADna.html

[69] El nòdul radicular està situat a les arrels de les plantes que s'associen amb bacteris que fan la fixació del nitrogen. La seva classificació defineix el gènere *Glycine* (soja) com a un nòdul determinat, a causa de la seva forma esfèrica.

nitrogenasa[70] pugui desenvolupar la seva activitat sense cap inconvenient. Aquesta activitat consisteix a proporcionar la reacció principal per a fixar el nitrogen atmosfèric (N_2). Per tant, requereix el consum d'ATP[71] i és inhibida per ADP[72]. En conclusió, l'acció de la leghemoglobina és primordial per a la fixació de nitrogen per uns tipus concrets de bacteris.[73]

D'altra banda, la leghemoglobina, és a dir, l'hemoglobina de les lleguminoses, es troba principalment en els nòduls radiculars d'aquests éssers vius, tot i que la seva posició exacta encara no està del tot definida.[74]

Figura 8. Localització leghemoglobina en els nòduls.[75]

[70] La nitrogenasa és un enzim que utilitzen alguns organismes per tal de fixar el nitrogen atmosfèric (N_2).
[71] L'adenosina-trifosfat o ATP és un nucleòtid format per adenosina i tres grups d'àcid fosfòric. Aquesta és una molècula essencial per a les reaccions que desprenen energia i les que en consumeixen, a causa de la gran quantitat d'energia del trencament dels enllaços entre els seus grups fosfats.
[72] L'adenosina-difosfat o ADP és un nucleòtid format per adenosina i dos grups fosfats. Aquesta molècula sorgeix com a resultat del trencament de l'ATP per tal d'alliberar l'energia necessària per a les reaccions de l'organisme en concret.
[73] Leghemoglobina. 2001. Wikipedia. Última edició: 10 abril 2020. https://es.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobina
María Martha Sainz Gandolfo. *Estructura y Función de las Hemoglobinas de Leguminosas*. Tesis Doctoral. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. Gener. 2014. Pàgina 16. https://digital.csic.es/bitstream/10261/91825/1/SainzM_TD-EEAD_2014.pdf
[74] Leghemoglobina. 2001. Wikipedia. Última edició: 10 abril 2020. https://es.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobina
María Martha Sainz Gandolfo. *Estructura y Función de las Hemoglobinas de Leguminosas*. Tesis Doctoral. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. Gener. 2014. Pàgina 16. https://digital.csic.es/bitstream/10261/91825/1/SainzM_TD-EEAD_2014.pdf
[75] Imatge adaptada de https://slideplayer.es/slide/3920530/

Seguidament, l'estructura de la leghemoglobina consisteix en un grup hemo -en estat pentacoordinat[76]- unit a un ferro, a més d'una cadena polipeptídica anomenada globina[77]. A més, el ferro del grup hemo és la part que uneix l'oxigen.[78]

En concret, la leghemoglobina que és més interessant per a aquest treball pertany a l'espècie *Glycine max*, és a dir, a la planta de soja.

La leghemoglobina de soja és l'abreviatura de l'hemoglobina de lleguminosa, l'hemoglobina que es troba a la soja, una planta lleguminosa. Aquesta té com a funció principal la citada anteriorment en la globalitat de la proteïna anomenada leghemoglobina. Així mateix, també es troba en els nòduls radiculars, però en aquest cas, en la planta anomenada *Glycine max* -soja-. D'aquesta manera, la seva localització en fa possible la funció per la qual es coneix aquesta proteïna.

D'altra banda, l'estructura de la leghemoglobina de soja té una certa diferència respecte a l'estructura general d'aquesta hemoproteïna. La seva estructura és la següent:

Figura 9. Estructura de la leghemoglobina de soja.[79]

[76] L'estat pentacoordinat vol dir que hi ha un àtom central -en aquest cas el grup hemo- que forma cinc enllaços amb altres àtoms que l'estan envoltant.
[77] La globina és una proteïna globular soluble en aigua i en dissolucions salines. Aquesta s'associa amb l'hemoglobina. Per tant, també forma part de l'hemoglobina de les plantes, la leghemoglobina.
[78] Leghemoglobina. 2001. Wikipedia. Última edició: 10 abril 2020. https://es.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobina
[79] Imatge extreta de https://www.uniprot.org/uniprot/P02238

Aquesta imatge està feta amb el mètode de raigs-X i té una resolució de 2,20 Å[80].[81]

2.5. Elements semblants entre les dues proteïnes

Primer de tot, per a establir la semblança entre aquestes dues proteïnes cal recordar que la leghemoglobina és l'hemoglobina que pertany a les plantes -en concret, a les lleguminoses-. Per tant, genèticament, aquestes dues proteïnes tenen una semblança important. D'aquesta manera, en posteriors apartats, s'estudien les seqüències d'aminoàcids de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja per tal d'esbrinar aquesta similitud. D'altra banda, tot i que la leghemoglobina -en aquest cas de soja- i l'hemoglobina -en aquest cas de bou- van evolucionar a partir d'un ancestre comú, hi ha una diferència en les seqüències d'aminoàcids d'aquestes dues proteïnes del 80% de les posicions, aproximadament.[82]

Seguidament, les dues proteïnes estan formades pel mateix grup prostètic, el grup hemo, i el mateix grup proteic, la globina. Per tant, les dues proteïnes estan classificades com a hemoproteïnes, a causa del grup prostètic pel qual estan formades. D'aquesta manera, hi ha similituds en el mecanisme d'unió de l'oxigen. A més, aquestes dues proteïnes es caracteritzen pel color vermell que desprenen.

Finalment, hi ha un altre fet, relacionat amb la qualitat de les proteïnes de bou i de soja, que fa que tinguin aquesta semblança. Es basa en el PDCAAS[83], és a dir, un mètode per avaluar la qualitat d'una proteïna qualsevol en funció dels requeriments d'aminoàcids dels humans i la seva capacitat de digerir-la. En l'espècie animal *Bos taurus* -bou- aquesta puntuació és del 0,92. D'altra banda, en l'espècie vegetal *Glycine max* -soja- és d'1,0. Per tant, hi ha una semblança molt important, ja que només difereixen en un 0,08 sobre 1.[84]

---

[80] Un ångström o àngstrom (Å) és una longitud, reconeguda internacionalment, equivalent a 0,1 nanòmetres o 1×10^{-10} metres.
[81] Seqüència extreta de LBA - Leghemoglobin A - Glycine max (Soybean) - LBA gene & protein. Uniprot. https://www.uniprot.org/uniprot/P02238
[82] Leghemoglobin. 2001. Wikipedia. Última edició: 28 maig 2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobin
[83] Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score / Puntuació corregida d'aminoàcids a la digestibilitat de les proteïnes
[84] Protein - Which is best?. 2004. Journal of Sports Science and Medicine. International Society of Sports Nutrition Symposium, juny 18-19, 2005, Las Vegas NV, USA.

2.6. Propietats organolèptiques dels components de l'anàleg vegetal

Primerament, s'ha de tenir en compte que perquè aquesta nova carn tingui les mateixes propietats organolèptiques que la carn bovina, no només es necessita la leghemoglobina de soja, sinó també altres ingredients vegetals. D'altra banda, cal tenir clar que l'interès original d'aquest treball es basa en la necessitat de poder sintetitzar el tripèptid de la leghemoglobina de soja i amb més temps poder sintetitzar tota la proteïna. D'aquesta manera, s'obtindria la part principal d'aquest anàleg vegetal a la carn del que s'està parlant. És a dir, tot i que s'està donant molta importància a aquesta proteïna, no és l'únic element que fa possible la formació de la nova carn.

D'aquesta manera, la síntesi de la leghemoglobina de soja fa possible que la nova carn tingui el mateix color que la carn bovina. Això és així ja que la leghemoglobina i l'hemoglobina, respectivament, són proteïnes que tenen el grup hemo com a grup prostètic, el pigment responsable del color vermell. Per tant, a partir del grup prostètic de les dues proteïnes es pot obtenir el color característic de la carn. A més, el gust de la carn ve determinat pel grup hemo[85]. Com s'ha comentat, aquest grup prostètic forma part d'ambdues proteïnes. Per tant, és normal que la leghemoglobina de soja pugui imitar el gust de carn, en concret, de bou.

D'altra banda, hi ha altres ingredients més assequibles que fan que hi hagi les mateixes propietats organolèptiques. D'aquesta manera, segons l'empresa Impossible Foods, alguns ingredients imprescindibles són el greix de l'oli de coco i de gira-sol per a la seva singular textura. A més, també estaria composta per aglutinants, metilcel·lulosa i midó alimentari per a poder tenir la mateixa forma i estructura.

Aquests ingredients són alguns dels que fa servir per l'empresa nord-americana Impossible Foods, però més endavant es detallaran els ingredients utilitzats en aquest treball i com afecten a les propietats organolèptiques.

[85] Brown, P. CEO and Founder. Heme & Health: The Essentials. Impossible Foods. (02/03/2018). https://medium.com/impossible-foods/heme-health-the-essentials-95201e5afffa

3. ESTUDI EXHAUSTIU DE L'HEMOGLOBINA DE BOU I DE SOJA

3.1. Definició general de biotecnologia

La biotecnologia consisteix en l'estudi i la manipulació dels éssers vius per a la creació o modificació de productes o processos de valor amb interès per a la societat. Per tant, consisteix en la manipulació d'organismes per a obtenir productes útils. L'avenç de tècniques de biologia molecular i enginyeria genètica, que han possibilitat la modificació de plantes, animals i microorganismes, han potenciat les aplicacions biotecnològiques.[86]

La síntesi i formació de la nova "carn" és possible gràcies a aquest complex estudi. Sense aquest àmbit que modifica la genètica, no es poden trobar les similituds que fan possible aquesta síntesi, ni tampoc seria possible dur-la a terme.

3.2. Estudi dels aminoàcids presents en l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja

Per poder estudiar amb detall els principals elements que fan possible aquesta nova solució, s'han de conèixer les seves estructures. Per començar, s'ha d'establir la seqüència d'aminoàcids de l'hemoglobina de bou i de la leghemoglobina de soja, respectivament. La seqüència d'aminoàcids correspon a l'estructura primària de les proteïnes i el resultat de la seva comparació es mostra en l'apartat Annexos: Annex 1.

D'altra banda, un cop establertes les dues seqüències d'aminoàcids, s'alinea la seqüència d'hemoglobina de bou i la de leghemoglobina de soja segons les posicions que prenen els aminoàcids en l'estructura terciària. D'aquesta manera, es pot concloure que hi ha aminoàcids que coincideixen en l'estructura completa de les proteïnes, és a dir, es troben en les mateixes posicions. En aquest cas, coincideixen 27 aminoàcids de 149 totals.

[86] *Grado en Biotecnología*. Biotecnologia - Universitat de Murcia. https://www.um.es/web/estudios/grados/biotecnologia

La comparació comporta la troballa de fragments diferents de les seqüències on hi ha una proporció de semblança.

Primerament, la immensa majoria dels aminoàcids coincidents es troben dispersos per la cadena i en una sola quantitat, és a dir, només coincideixen alguns aminoàcids específics de la cadena. A més, també hi ha casos en què la semblança augmenta fins a dos aminoàcids. Per contra, hi ha dos casos en els quals aquesta proporció de semblança augmenta a tres aminoàcids.

En el primer cas coincideixen els aminoàcids que estan situats en el lloc 60, 61 i 62 de l'estructura completa de la proteïna. Per tant, aquests tres llocs corresponen als aminoàcids 56, 57 i 58 de la seqüència. Aquests són els aminoàcids Asn - Pro - Lys. Per tant, es podria sintetitzar un tripèptid[87].

En l'altre cas la proporció de semblança és la mateixa. Per tant, la coincidència existeix en tres aminoàcids seguits de la seqüència. Aquests són: Ala - Ala - Leu, situats en els llocs 91, 92 i 93 de l'estructura completa de la proteïna. Aquests també formen un tripèptid.

Seguidament, un cop extrets els trossos de la seqüència de leghemoglobina de soja més semblants a la seqüència d'aminoàcids d'hemoglobina de bou, es fa l'estudi de les proporcions de cada tipus d'aminoàcid, independentment de la seva posició en la seqüència. D'aquesta manera, primer de tot, s'extreu el nombre total de cada tipus d'aminoàcid de la seqüència d'hemoglobina de bou i de la de leghemoglobina de soja, respectivament. Seguidament, es fa la relació corresponent a partir de les seqüències citades anteriorment[88]. En conseqüència, es pot apreciar que hi ha una proporció semblant en una part important dels aminoàcids anomenats essencials[89]. Aquests són: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptòfan, valina i histidina. A més, aquesta relació també és important en un altre aminoàcid, l'arginina. Aquest és considerat essencial en determinades situacions per als infants. Particularment, d'aquests deu aminoàcids, la proporció destaca en un total de sis

[87] Cadena formada per la unió de tres aminoàcids a partir d'enllaços químics que reben el nom d'enllaços peptídics.
[88] La taula corresponent a la relació del nombre d'aminoàcids de cada tipus en ambdues seqüències és a l'apartat Annexos: Annex 1.
[89] Conjunt d'aminoàcids que les cèl·lules animals no poden sintetitzar.

aminoàcids (els nombres entre parèntesis indiquen la diferència per al total de cada aminoàcid en cada seqüència): triptòfan (0), treonina (+1), lisina (+1), fenilalanina (+2), metionina (-2) i arginina (-2).
Així mateix, hi ha altres aminoàcids que no pertanyen a la classificació d'aminoàcids essencials, però en aquest cas hi ha una relació important. En aquest grup hi podem trobar els aminoàcids àcid aspàrtic (0), àcid glutàmic (0), cisteïna (-1), prolina (+1) i tirosina (+1).

D'altra banda, també es pot apreciar que els aminoàcids que delimiten el grup hemo coincideixen en ambdues proteïnes. Així mateix, en l'estructura completa de la proteïna, és a dir, en l'estructura quaternària, tant la histidina distal[90] com la histidina proximal[91] coincideixen en la mateixa posició en ambdues seqüències. En el cas de la histidina distal, aquest aminoàcid se situa en la posició 66 en les dues seqüències. D'altra banda, la histidina proximal se situa en la posició 97 en tots dos casos.

A més, cal afegir que es produeixen canvis d'aminoàcids en l'estructura terciària de les proteïnes, bona part dels quals són bastant conservadors, ja que aquests no tindran un impacte gaire important en la proteïna global. Per tant, aquest factor proporciona un percentatge més elevat de semblança. Aquests canvis són conservadors, ja que els dos aminoàcids implicats pertanyen al mateix "tipus", és a dir, són semblants. Així mateix, la importància de la leghemoglobina es veu reforçada, ja que aquesta quantitat elevada de canvis d'aminoàcids semblants es produeix en l'estructura terciària, és a dir, en l'estructura funcional de la proteïna.

D'aquesta manera, per seguir justificant la semblança entre aquestes dues proteïnes cal identificar aquells aminoàcids que són semblants. És per aquesta raó que la classificació es fa separant els llocs de l'estructura completa de la proteïna segons el tipus d'aminoàcid que coincideix-hi.[92]

---

[90] La histidina distal és un aminoàcid que està enllaçat amb una molècula d'oxigen establint un pont d'hidrogen i ajudant a la formació del grup hemo.
[91] La histidina proximal és un aminoàcid el nitrogen del qual està enllaçat a un àtom de ferro mitjançant un enllaç de coordinació, un enllaç covalent amb polaritat generalment alta.
[92] Les característiques d'aquesta classificació es veuen reflectides a l'apartat del treball anomenat Annexos: Annex 1.

Per tant, hi ha un total de 64 posicions semblants de 149 possibles[93], 46 de les quals corresponen als aminoàcids no polars o hidrofòbics, 11 fan referència als aminoàcids polars sense càrrega, 1 a l'aminoàcid polar amb càrrega negativa i 6 als aminoàcids polars amb càrrega positiva.

[93] També s'inclouen els aminoàcids coincidents comentats anteriorment.

4. SÍNTESI HAMBURGUESA VEGETAL

4.1. Procés de síntesi

L'estudi de les seqüències d'hemoglobina de bou i leghemoglobina de soja han estat fonamentals per poder apreciar el paper transcendent que té la leghemoglobina de soja en la producció d'una hamburguesa vegetal que sigui el més semblant possible a una hamburguesa de carn de bou. D'altra banda, un dels objectius principals era poder sintetitzar un petit pèptid -en aquest cas, un tripèptid- de la leghemoglobina de soja per poder fabricar d'una manera diferent l'element essencial i potenciador d'aquesta similitud entre ambdues hamburgueses. Ara bé, aquesta proposta de treball pràctic no s'ha pogut dur a terme a causa de la impossibilitat d'utilitzar les instal·lacions del laboratori de la Universitat de Girona (UdG) per la Covid-19 i les restriccions que se n'han derivat. Així, doncs, la incapacitat de tirar endavant la proposta inicial de treball pràctic ha estat el desencadenant d'una nova alternativa d'aquesta part del treball, que, de totes maneres, està directament relacionada amb la idea inicial.

Per tant, la idea d'una part important del treball pràctic és crear una hamburguesa vegetal sense un dels ingredients principals com és la leghemoglobina de soja. Això és així ja que per obtenir aquesta proteïna s'ha de dur a terme un procés força complicat i utilitzar unes instal·lacions que siguin adequades -cosa que no ha estat possible-. Així mateix, la petició adreçada a l'empresa nord-americana Impossible Foods per comprar la leghemoglobina de soja ha estat també rebutjada.

High School project Safata d'entrada ×

Marc Pagès Sabaté <mpagessabate@gmail.com> 18 d'oct. 2020 14:30
per a hello 18 d'oct. 2020 14:30

Dear Impossible Foods,

My name is Marc and I am writing this email in order to find a solution to a tiny problem which I have.

First of all, I would like to contextualize it. During this year I have been doing a project and the final work is making some veggie burgers. Moreover, I know which are the ingredients that I need to make this food. However, I know where to buy all these ingredients except the soy leghemoglobin. I have searched for it on some website but I haven't found anyone where I can buy it. Consequently, I searched for more pages, and I found you. In other words, I found the perfect product to finalize my project, the soy leghemoglobin obtained with fermentation.

In addition, when I found this product I tried to search some link on your webpage to have the chance to buy this product. Although my huge effort, I couldn't found it. That's why I'm writing this email, to know if it would be possible to know where I can buy some of soy leghemoglobin obtained with this effective method. However, if it is not possible, I would like to know if I could have some samples, so I can finalize my project.

In conclusion, I would be so pleased if it could be possible to get soy leghemoglobin, as it is my key product to finalize my project.

I look forward to hearing from you,

Marc

Figura 10. Correu enviat a Impossible Foods.

Thomas (Impossible Foods)
Oct 18, 2020, 10:19 PDT

Hi Marc,

Thanks for reaching out to us! It's wonderful that you want to learn more about our company.

We understand the need specific ingredients to complete your project. Unfortunately, we're unable to provide you with heme. If you have any questions about heme that you'd like answered, we'd be glad to assist!

It's worth sharing that we've created a Q&A specifically for students to point towards resources and news articles that you can use to do additional research. If you need images, videos, press releases, or executive biographies, we also encourage you to use our online media kit. You and your fellow students are welcome to use any of the materials there in your project, we just ask that you please credit Impossible Foods.

Best of luck on your project!

Sincerely,
Thomas

Figura 11. Resposta de l'empresa Impossible Foods.

D'aquesta manera, la síntesi de les hamburgueses sense la leghemoglobina de soja em servirà per poder constatar la necessitat d'aquest ingredient i remarcar la raó per la qual és imprescindible en l'hamburguesa d'origen vegetal.

De totes maneres, he pogut analitzar altres ingredients per poder crear el color característic de la carn de bou i també simular altres aspectes aportats per la leghemoglobina de soja.

Així mateix, en aquest apartat del treball se sintetitzaran una quantitat determinada d'hamburgueses d'aquest tipus i seran tastades per un grup concret de persones.

Seguidament, aquest col·lectiu haurà de contestar una enquesta en què quedaran reflectits aspectes relacionats amb les propietats organolèptiques de l'hamburguesa vegetal, a més de la semblança d'aquestes amb les d'una hamburguesa de carn de bou.

Es faran un total de quinze hamburgueses a partir dels ingredients següents: aigua, proteïna de soja texturitzada, farina de blat, oli de coco desodoritzat, proteïna de patata, xantana, gelatina de konjac, oli de gira-sol refinat i suc de remolatxa. Així mateix, en aquestes hamburgueses també hi ha una petita quantitat d'espècies.[94] Aquests han estat seleccionats per poder acomplir les propietats organolèptiques més característiques de l'hamburguesa de bou.

Primer de tot, una propietat organolèptica important és el gust. El gust de l'hamburguesa ve determinat essencialment per la leghemoglobina de soja -a causa de la similitud explicada en diversos apartats del treball-, però a causa de la impossibilitat d'anar al laboratori per sintetitzar-la, ha estat substituïda per proteïna de soja texturitzada. De la mateixa manera, la petita dosi d'espècies ajuda a aconseguir el gust més proper a l'hamburguesa de bou. D'altra banda, la proteïna de soja texturitzada també està relacionada amb la creació de la textura. A més, en la textura de l'hamburguesa hi intervé la farina de blat, l'oli de coco desodoritzat, la goma xantana i la gelatina de konjac. Aquests ingredients també afecten en gran manera l'estructura -mida i forma- pertinent. Seguidament, una altra propietat organolèptica és el color. Un ingredient essencial per aconseguir el color característic és la leghemoglobina de soja, però succeeix el mateix que amb el gust. Per tant, l'ingredient emprat per substituir aquesta proteïna és el suc de remolatxa. Finalment, l'última propietat organolèptica és l'olor, que s'aconsegueix bàsicament gràcies a l'efecte de les espècies i al conjunt dels ingredients.

El procés que s'ha hagut de seguir per fer les hamburgueses vegetals ha estat el següent.

[94] La recepta ha estat elaborada a partir de les receptes de les empreses Beyond Meat i Impossible Foods. A més, també hi he afegit ingredients propis.

Primer de tot, un cop comprats els ingredients, s'han de preparar per poder-los utilitzar en la formació de les hamburgueses vegetals amb les propietats organolèptiques comentades anteriorment.

Figura 12. Ingredients de les hamburgueses vegetals.

Seguidament, un cop tots els ingredients estaven a punt, s'han dividit i barrejat segons el seu estat. Els ingredients d'estat sòlid -soja texturitzada, proteïna de patata, farina de blat i les espècies- han estat separats dels d'estat més líquid -aigua, oli de coco desodoritzat, goma xantana, gelatina de konjac i suc de remolatxa-.[95] D'aquesta manera, un cop els ingredients d'estat sòlid estaven en un recipient diferent dels ingredients líquids, s'han barrejat tots en un de sol. Conseqüentment, es forma la massa de les hamburgueses vegetals.

Figura 13. Massa de les hamburgueses vegetals.

Finalment, l'últim pas és donar forma i mida a les hamburgueses i deixar-les uns 20 minuts al vapor, perquè agafin consistència. Un cop han passat els 20 minuts, es

[95] Aquesta separació es fa per poder aconseguir una millor consistència de l'hamburguesa, ja que seguint aquest mètode és molt més fàcil de barrejar correctament tots els ingredients. Així, s'assegura una proporció equilibrada de tots els ingredients a cada hamburguesa.

poden cuinar les hamburgueses a foc lent durant 2 minuts per cada costat, aproximadament.

Figura 14. Presentació hamburguesa vegetal.

Figura 15. Hamburguesa vegetal tallada.

4.2. Disseny del test sensorial

Un cop fetes les hamburgueses, s'haurà de dur a terme un test sensorial per poder obtenir dades i arribar a unes conclusions determinades.

Primerament, un grup de quinze persones amb diferents franges d'edat farà el test sensorial, individualment i en un lloc amb les característiques exposades a continuació.

Cal dir que és indispensable l'existència de factors externs per controlar adequadament l'anàlisi sensorial del producte i que, conseqüentment, es puguin obtenir uns resultats fiables.[96] És per aquesta raó que el lloc on es farà l'anàlisi sensorial ha de tenir unes característiques determinades, d'entre les quals destaquen:

- L'àrea d'anàlisi sensorial ha de disposar de diverses sales o espais, on es puguin dur a terme les diferents accions per separat i conjuntament. Per tant,

[96] Christian. La importancia de un panel de cata en la innovación del producto. Pilarica, la fórmula natural del sabor. 13/02/2020. https://www.pilarica.es/importancia-panel-de-cata/

la preparació de les hamburgueses es farà en una sala diferent de la sala on els participants les degustaran.

- L'àrea on es prepararan les hamburgueses ha d'estar fàcilment comunicada amb l'espai on s'elabora l'anàlisi sensorial del producte.

- Facilitar una sala d'espera per a les persones que faran el test sensorial. D'aquesta manera, es troben en igualtat de condicions. Aquest punt quedarà modificat per les condicions que demana la Covid-19. Per tant, el grup general de quinze persones es dividirà en tres grups de cinc persones, per reduir el contacte social entre elles. Així mateix, les persones de cada grup arribaran en diferents franges horàries -20 minuts per persona-.

- Un altre element a tenir en compte és el conjunt de factors ambientals que hi ha d'haver i que es basen en la implementació d'unes condicions òptimes per tal de poder obtenir resultats íntegres.

    - Els nivells de temperatura i humitat han de ser adequats i benestants per a les persones encarregades de fer l'anàlisi.

    - La sala o espai on es farà l'anàlisi sensorial ha de ser neutre, és a dir, no hi poden haver distraccions externes que puguin afectar tant la degustació com l'anàlisi objectiva de les propietats organolèptiques. Per exemple, la decoració de l'espai o el color que hi predomina no han d'influir en la percepció de la mostra.

    - La sala o espai ha de ser inodor, és a dir, no hi ha d'haver cap olor que pugui influir en cap propietat organolèptica.

    - La sala o espai ha d'estar lliure de sorolls interns i externs, ja que el jurat ha d'estar completament concentrat en la degustació de la mostra. No ha de tenir estímuls externs que puguin alterar l'avaluació.

    - Les hamburgueses aniran acompanyades amb aigua, ja que el participant haurà d'haver estat dues hores sense haver menjat ni begut res. A més, tampoc podrà haver menjat xiclet o fumat.

- Com què l'espai on es farà la degustació serà el mateix per a tots, cada cop que una persona acabi es desinfectarà i es ventilarà.

En segon lloc, un cop s'ha detallat com serà l'espai i com s'organitzaran els diferents grups de persones, és essencial tenir clar què han d'avaluar. La finalitat d'aquest test sensorial és obtenir informació de les hamburgueses. Perquè això sigui possible és necessari que els participants tinguin en compte diverses característiques de les hamburgueses: aparença, forma, consistència, suculència, gust, sabor, textura, olor característic i l'anàlisi visual. Aquestes característiques són propietats organolèptiques de les hamburgueses que poden ser avaluades gràcies als cinc sentits.[97]

La vista és probablement el sentit que influeix més en la valoració de l'aliment. Aquest sentit és el primer a avaluar la mostra. Per tant, estableix la primera opinió. Per tant, d'entrada els participants hauran d'avaluar les hamburgueses a partir de la vista. Per això, s'hauran de fixar en l'aparença de la mostra i per tant, en tot el que fa referència al color, la forma, la mida i la consistència.

Seguidament, quan ja s'ha tingut en compte la vista, s'ha d'olorar l'aliment. L'olfacte és un sentit químic. Per tant, és provocat per l'estimulació de diferents substàncies químiques que es troben al nas. Cada aliment desprèn unes olors determinades. Amb l'olfacte, doncs, s'hauria d'avaluar la seva intensitat, persistència[98] i capacitat de saturació[99].

Un cop s'hagin avaluat les característiques referents a l'olor, els participants podran començar a degustar els dos tipus d'hamburgueses. El gust també és un sentit químic. Per tant, com en el cas de l'olfacte, és provocat per l'estimulació de substàncies químiques que, en aquest cas, es troben a la boca. D'aquesta manera,

[97] En aquest apartat es parla d'hamburgueses en plural ja que els jutges han de provar una hamburguesa vegetal i una hamburguesa de bou. D'aquesta manera, es poden comparar més fàcilment.
[98] Capacitat de poder detectar la presència d'un aliment -en aquest cas de l'hamburguesa- sense la necessitat dels altres sentits.
[99] Capacitat que té un aliment d'alliberar el màxim de molècules volàtils per poder percebre el seu aroma.

en aquest apartat hauran d'avaluar la suculència, la consistència i el gust característic d'ambdues hamburgueses.
Altrament, la barreja d'olfacte i gust formen el sabor, però en l'anàlisi sensorial el sabor s'avalua per separat segons els dos sentits esmentats anteriorment.

A més, al mateix temps que s'avalua el gust també s'avaluarà el tacte. El tacte està basat principalment en la textura. Per avaluar la textura cal tenir en compte els paràmetres següents: duresa, viscositat, fragilitat, elasticitat, masticabilitat i cohesió.

Finalment, els tastadors es fixaran en el soroll que es fa quan es tasta la mostra. Aquest serà avaluat dins l'apartat de la textura, ja que hi està directament relacionat.

D'altra banda, la degustació de les hamburgueses s'haurà de dur a terme en tres passos. Primerament, es tastarà les hamburgueses acompanyades de pa. A continuació, les hamburgueses es tastaran sense res. D'aquesta manera, es podrà incidir més en el gust. Per acabar, els jutges tindran la possibilitat d'afegir l'acompanyament que ells desitgin per tenir una experiència completa d'ambdues hamburgueses.

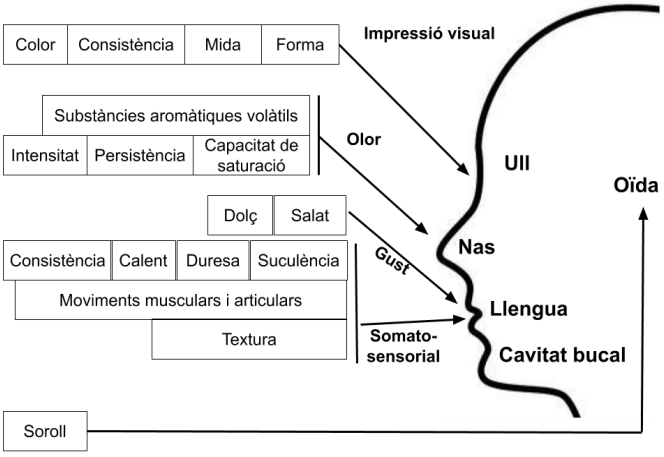


Figura 16. Anàlisi sensorial segons els cinc sentits.[100]

Un cop feta la degustació de les hamburgueses, els participants d'aquest test sensorial hauran de respondre una enquesta en què hauran d'omplir diferents aspectes relacionats amb les propietats organolèptiques del producte. Els

[100] Imatge extreta i adaptada de: https://www.goconqr.com/en/p/10106542-Evaluaci-n-Sensorial-mapa-mental-mind_maps?dont_count=true&frame=true&fs=true

enquestats hauran de diferenciar en tot moment dues hamburgueses, l'hamburguesa A i l'hamburguesa B. Conseqüentment, s'obtindrà informació determinada i, per tant, analitzant-la es podrà arribar a unes conclusions.

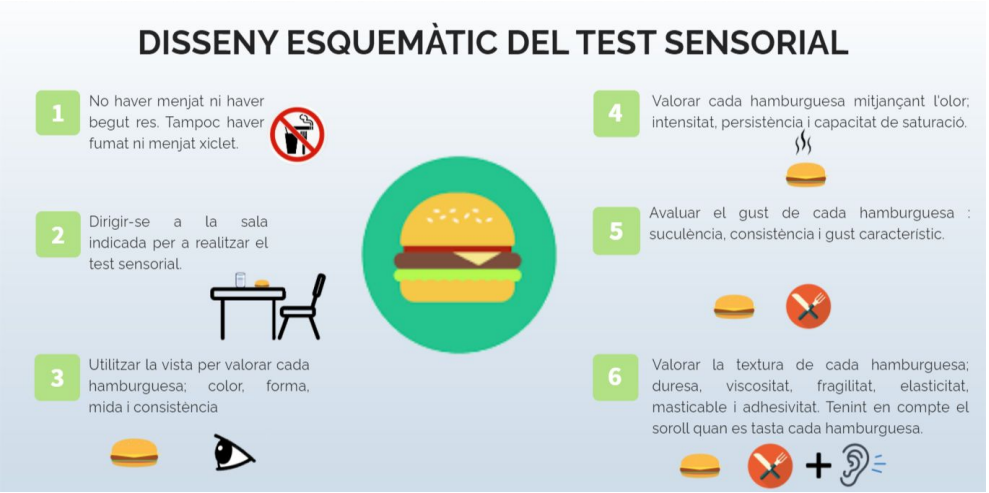


Figura 17. Infografia del disseny del test sensorial.

4.3. Enquesta vinculada al test sensorial

Com s'ha exposat a l'apartat anterior, abans del tast de les hamburgueses calia tenir enllestit el disseny del test sensitiu. Així, en aquest apartat poso èmfasi en els resultats de la valoració de la comparació de les dues hamburgueses.

Un total de quinze persones van fer anònimament el test sensorial. D'aquesta manera, es va establir un patró per a poder incidir en diferents edats. Per tant, van tastar les hamburgueses quatre persones de la franja d'edat de 13-21, tres persones de 21-35 anys, una persona de 36-45 anys, quatre de 46-60 anys i finalment, tres persones de 60 o més anys.

Així mateix, es va demanar als jutges del tast que contestessin d'una manera totalment objectiva per tal de no alterar els resultats del treball i, per tant, proporcionar uns resultats fiables.

Seguidament, els enquestats, un cop havien fet els passos corresponents, havien d'avaluar les propietats d'ambdues hamburgueses. L'hamburguesa A la vegetal i

l'hamburguesa B, la de carn de bou.[101] D'aquesta manera, tots els enquestats coincideixen en el fet que l'hamburguesa A és la vegetal. Per contra, tenen diferents punts de vista per diferenciar aquesta de la de carn de bou. La majoria dels enquestats afirmen que els factors que determinen aquesta elecció són el gust i l'olor. Respecte al gust, alguns enquestats destaquen que aquest és un pèl dolç en comparació amb l'altra hamburguesa. Així mateix, alguns altres enquestats han expressat que la textura interna de l'hamburguesa ha estat determinant en l'elecció de l'hamburguesa vegetal.

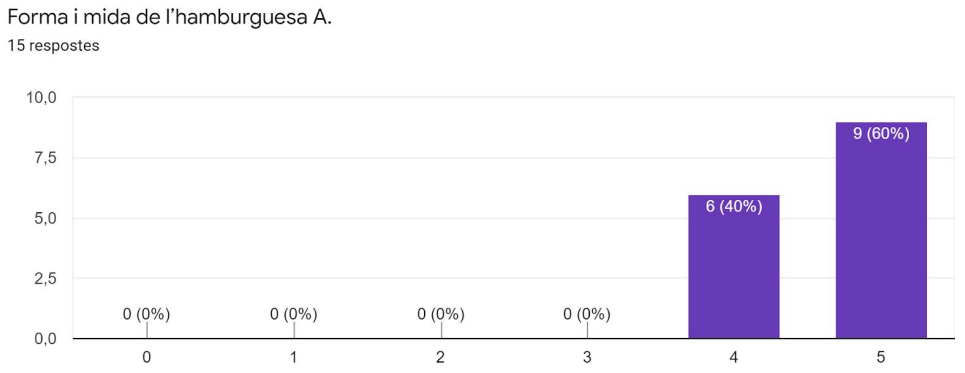
Tot seguit, un 73,3 % dels enquestats -11 persones- van utilitzar acompanyament en les hamburgueses. Aquest acompanyament era opcional i es podia escollir entre diferents ingredients suplementaris com formatge, tomàquet, enciam, quètxup i maionesa. Tanmateix, 10 persones de les que van acompanyar les hamburgueses amb altres ingredients han considerat que l'experiència és més completa. Així mateix, una persona va destacar que l'experiència era idèntica a causa del bon gust de l'hamburguesa vegetal sense aquests suplements.

Posteriorment, en aquest punt de l'enquesta es comencen a valorar les propietats organolèptiques d'ambdues hamburgueses. Les propietats havien de ser valorades seguint el següent procediment. Primer de tot, els enquestats havien de valorar les dues hamburgueses del 0 al 5, sempre fent referència a la semblança d'aquestes dues amb l'ideal d'una hamburguesa de bou. Per tant, aquesta valoració va de gens semblant (0) a molt semblant (5), respectivament. D'altra banda, també era optatiu un petit comentari per fer una valoració personal de l'aspecte que s'analitzava.

D'entrada, la primera propietat organolèptica que van haver d'avaluar els enquestats era la forma i la mida de les hamburgueses. Per tant, aquestes característiques es podien avaluar simplement amb la vista. En aquest aspecte, la majoria dels jutges -un 60%, és a dir, nou persones- han establert que l'hamburguesa vegetal s'assembla molt (5) a una hamburguesa de bou. Així mateix, sis persones coincideixen que la valoració ha de ser de quatre, és a dir, força semblant.

[101] En el conjunt d'aquest apartat del treball s'ha de tenir en compte que quan es parla de l'hamburguesa vegetal es fa referència a l'hamburguesa A i, que quan es parla de l'hamburguesa de carn de bou es fa referència a l'hamburguesa B.

D'altra banda, tretze persones han valorat la forma i la mida de l'hamburguesa de carn de bou com a molt semblant. Tot i això, hi ha hagut una persona que ha valorat aquests aspectes amb un quatre i, una altra persona ho ha valorat amb un tres.



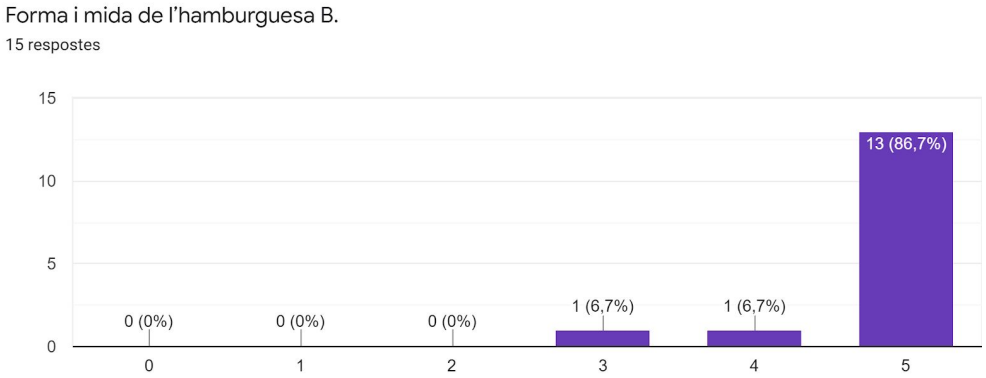
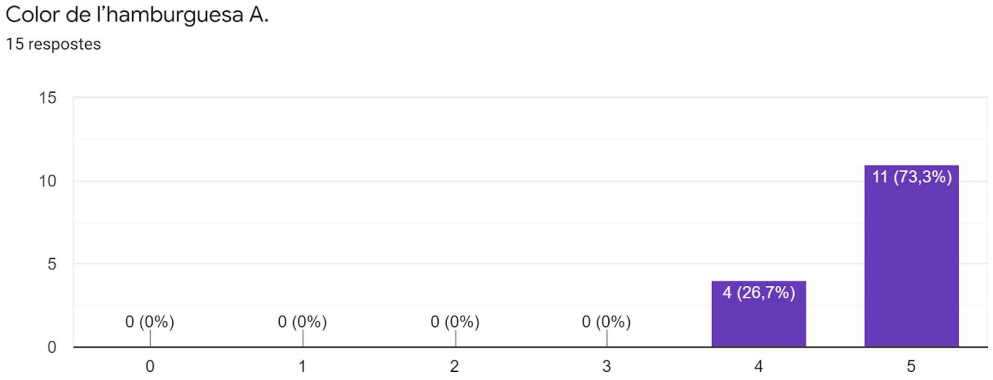


Figura 18 i 19. Valoració de la forma i la mida de l'hamburguesa vegetal (A) i l'hamburguesa de carn de bou (B).

Així mateix, la majoria dels enquestats coincideixen i afirmen que ambdues hamburgueses tenen la forma i la mida molt semblant. A més, la majoria d'ells han afegit que les dues són molt idèntiques i que tenen la forma uniforme característica d'una hamburguesa tradicional. Així mateix, hi ha quatre persones que tot i que pensen que la semblança és molt important, creuen que l'hamburguesa A pot ser una mica més compacte per tal de perfeccionar-la.

Seguidament, els enquestats havien de valorar el color de les dues hamburgueses, però no només el color de les hamburgueses en general, sinó també el color característic del seu interior. Sobre aquesta qüestió, un 73,3 % -11- dels enquestats ha valorat l'hamburguesa vegetal amb un cinc, és a dir, molt semblant. Així mateix, els altres quatre enquestats han fet una valoració positiva d'aquesta propietat, un

quatre. De la mateixa manera, la valoració respecte a aquesta propietat en l'hamburguesa de carn de bou ha estat idèntica.



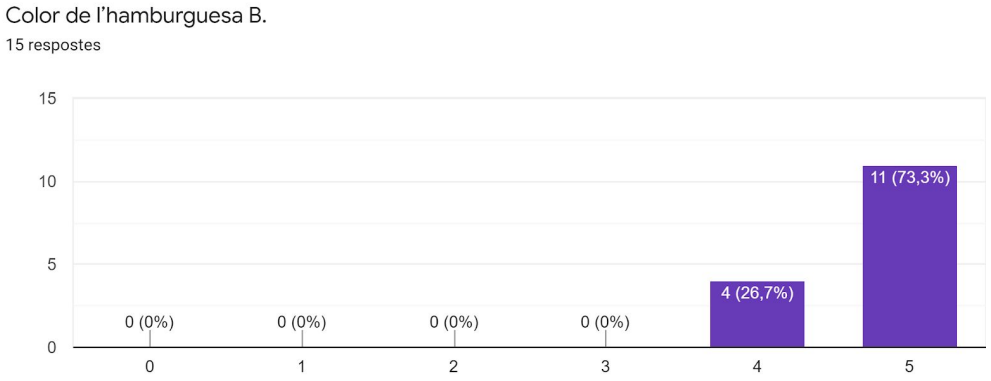
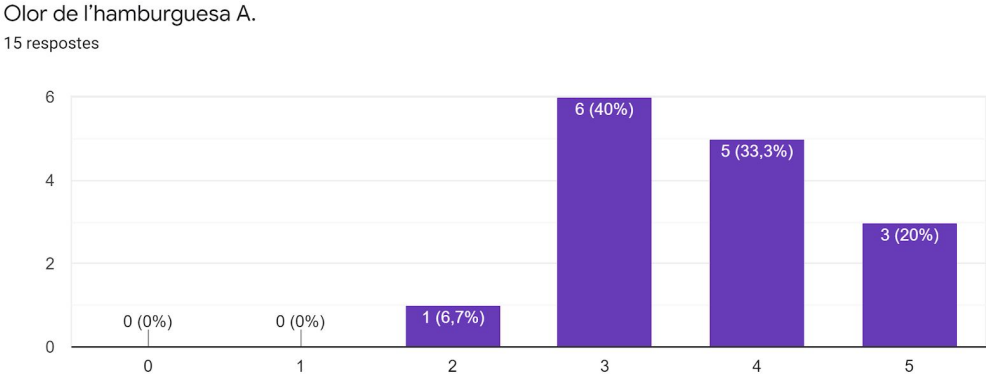


Figura 20 i 21. Valoració color de l'hamburguesa vegetal (A) i l'hamburguesa de carn de bou (B).

Així doncs, tots els enquestats afirmen que el color de les dues hamburgueses és idèntic, fet que aporta dubtes al moment de decidir quina és quina. Alguns jutges també afegeixen que l'hamburguesa vegetal és més daurada per fora que l'hamburguesa de carn de bou. A més, la gran majoria incideix en el color de l'hamburguesa vegetal. D'aquesta manera, afirmen que l'interior d'aquesta hamburguesa té el color vermellós i rosat característic d'una hamburguesa de bou i que, per tant, està molt ben encertat.

Posteriorment, els enquestats havien d'olorar l'hamburguesa i avaluar aquesta propietat organolèptica. En aquest aspecte, la majoria de les valoracions s'alternen entre el tres i el quatre, en concret, sis persones ho valoren amb un tres i, n'hi ha cinc que ho valoren amb un quatre. Així mateix, hi ha tres persones que els ha semblat una olor molt encertada i, per tant, molt semblant. Per contra, una persona ha valorat aquesta propietat amb un dos, és a dir, poc acceptable.

D'altra banda, en l'hamburguesa de carn bovina els resultats són més homogenis. En aquest cas, onze persones qualifiquen l'olor segons molt semblant (5), tot i que hi ha dues persones que la qualifiquen de força semblant (4) i dues més, d'acceptable (3).



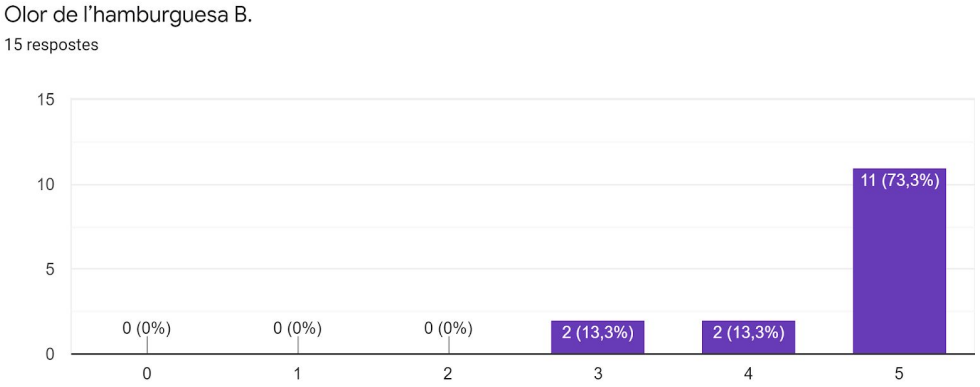
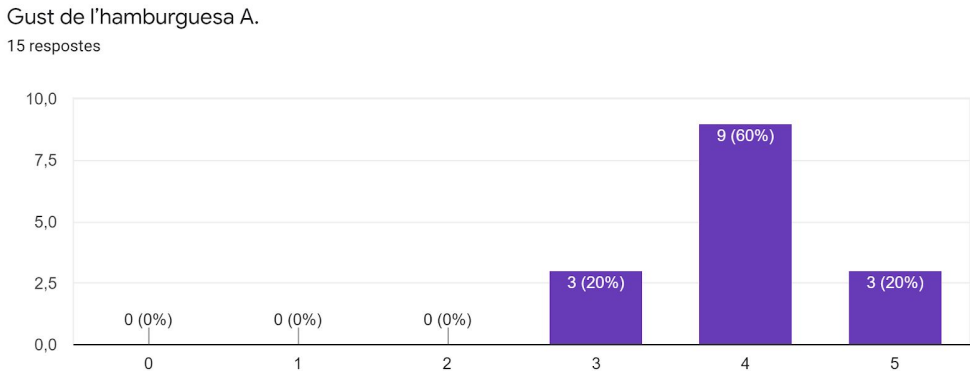


Figura 22 i 23. Valoració de l'olor de l'hamburguesa vegetal (A) i l'hamburguesa de carn de bou (B).

Una part dels enquestats ha comentat que l'olor de l'hamburguesa vegetal és massa forta i, també més forta que la de l'hamburguesa de carn bovina. A més, una proporció raonada dels enquestats ha comentat que l'olor de l'hamburguesa vegetal no és tan coneguda, però que en cap circumstància aquesta és desagradable. Així mateix, és important ressaltar que un gruix significatiu dels enquestats ha destacat que les olors d'ambdues hamburgueses són força similars. Per contra, hi ha dues persones que s'han vist afectades per aquesta propietat al moment d'escollir l'hamburguesa A com l'hamburguesa vegetal.

D'altra banda, els jutges havien de qualificar i comparar el gust d'ambdues hamburgueses. A l'hamburguesa vegetal aquesta propietat organolèptica ha estat valorada, majoritàriament, com a força semblant respecte a una hamburguesa

bovina. Aquesta valoració és compartida per nou dels enquestats. Així mateix, tres dels enquestats han valorat aquesta propietat com a molt semblant (5), però també val a dir que hi ha tres enquestats que valoren acceptablement la semblança. D'altra banda, el gust de l'hamburguesa de carn de bou ha estat millor valorat que el de l'hamburguesa vegetal. Un 66,7 % -10- dels enquestats l'han valorat amb un cinc, un 26,7 % -4- amb un quatre i un 6,7 % -1- amb un tres.



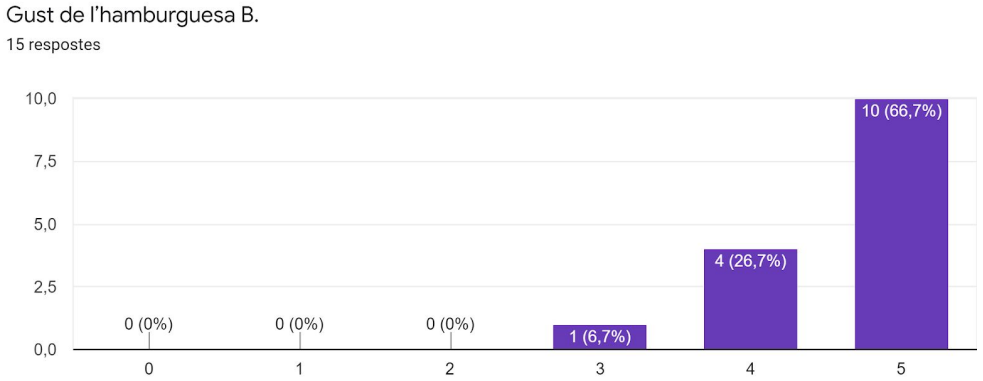


Figura 24 i 25. Valoració del gust de l'hamburguesa vegetal (A) i l'hamburguesa de carn de bou (B).

Un gruix important dels enquestats ha incidit en quatre aspectes a destacar del gust de l'hamburguesa vegetal: la dolçor, la picantor, la intensitat i el gust farinós. En aquestes característiques, els enquestats troben que al gust li falta algun ingredient per a poder aconseguir definitivament el gust d'una hamburguesa de carn de bou. A més, afegeixen que hi ha una sensació d'un gust farinós que pot ser causat per la intensitat de l'hamburguesa. Tot i això, coincideixen en el fet que un dels factors determinants de la valoració és la seva pròpia afinitat a la carn, ja que alguns es defineixen com a propensos a una dieta basada en la carn. D'altra banda, una

porció significativa dels enquestats destaquen que el gust de l'hamburguesa vegetal els ha sorprès positivament i que és un apartat molt ben encertat.

Finalment, l'última propietat organolèptica que havien d'avaluar és la textura. En aquest apartat, en el cas de l'hamburguesa vegetal la majoria de respostes s'han establert entre el tres i el quatre. D'aquesta manera, set persones han qualificat aquesta propietat com a força semblant (4), però sis persones l'han definit com a acceptable. Així mateix, dos dels enquestats han qualificat la textura com a molt semblant. D'altra banda, en l'hamburguesa de carn de bou l'opinió és compartida per la majoria de les persones. Per tant, dotze dels enquestats han qualificat la textura de l'hamburguesa amb la nota màxima, és a dir, molt semblant. De la mateixa manera, tres dels enquestats han valorat aquesta propietat amb un quatre, és a dir, força semblant.

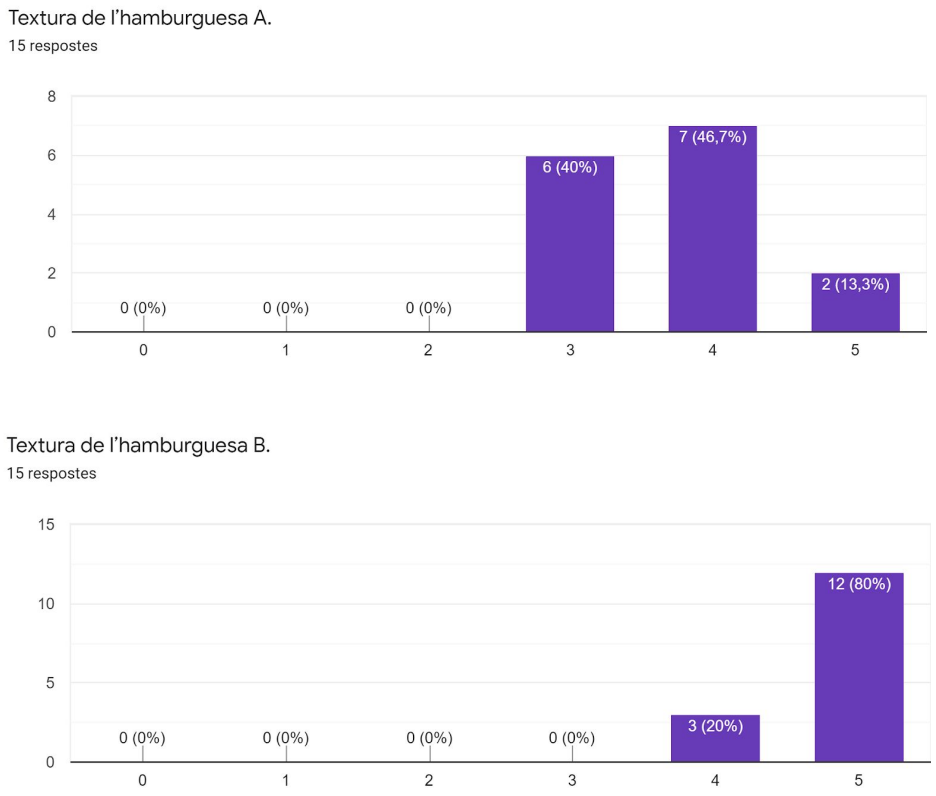


Figura 26 i 27. Valoració de la textura de l'hamburguesa vegetal (A) i l'hamburguesa de carn de bou (B).

Al costat d'això, molts dels enquestats han coincidit que l'hamburguesa A, és a dir, l'hamburguesa vegetal es desfà més a causa de la manca de la consistència per què es caracteritza l'hamburguesa de carn de bou. Algun dels enquestats aporta que la causa de la baixa consistència de l'hamburguesa pot ser deguda a la falta

d’additius que millorin aquesta propietat organolèptica. Així mateix, afegeixen que tot i aquest inconvenient troben que la textura de l’hamburguesa està ben aconseguida i que és prou semblant a la de la carn de bou.

Per acabar, l'últim apartat d’aquesta enquesta fa referència a una pregunta en què els jutges podien fer la seva valoració personal de les dues hamburgueses i qualsevol aportació que consideressin oportuna. Així mateix, tot i que han fet aquesta comparació, també han fet referència a aspectes concrets de l’hamburguesa vegetal.

Així, la majoria dels enquestats afirmen que han diferenciat correctament les dues hamburgueses, a causa sobretot de la distorsió d’alguna de les propietats organolèptiques de l’hamburguesa vegetal en comparació amb l’hamburguesa de bou. En tot cas, la majoria dels enquestats esmenten que han trobat aquesta diferència en tan sols una propietat i com a molt en dues. Així mateix, comenten altre cop aspectes a millorar de l’hamburguesa vegetal.

Al costat d’això, els jutges valoren molt positivament l’hamburguesa vegetal i afegeixen que els ha sorprès molt. A més, tot i els aspectes comentats anteriorment coincideixen en el fet que l’hamburguesa vegetal està molt ben aconseguida i que s’assembla molt a l’hamburguesa de carn de bou. Encara més, hi ha alguns comentaris sorprenents dels jutges com: “Penso que el gust és el que diferencia la quantitat de carn que hi ha en una o a l’altra. Penso que hi ha més carn a la B que a la A.” Cal destacar que l’hamburguesa A és l’hamburguesa vegetal i, per tant, no hi ha cap ingredient pròxim a la carn. A més, un altre comentari a ressaltar és: “Tot i no ser una persona vegana, no m’importaria comprar-la, ja que l’hamburguesa A amb acompanyament és millor i més bona que l’hamburguesa B.”

5. ENQUESTA SOBRE LA PRODUCCIÓ MASSIVA DE CARN

Aquest apartat completa la part pràctica del treball, així com l'assoliment d'uns dels objectius inicials.

Aquesta enquesta està directament relacionada amb el primer apartat del treball, que es basa en una àmplia explicació dels conceptes essencials de la producció massiva de carn.

Els principals objectius de l'enquesta són:

- Esbrinar l'interès de la població en aquest àmbit.
- Descobrir els coneixements per part de la població en algunes dades rellevants.
- Analitzar la relació entre els dos objectius anteriors.
- Identificar la noció del tipus de carn més saludable i el nombre de vegades que en consumeixen.

L'enquesta va ser compartida durant més d'un mes a través la xarxa social Whatsapp. Aquesta enquesta, totalment anònima, va ser contestada per un total de 318 persones.

L'enquesta està organitzada essencialment en preguntes de selecció múltiple. Així mateix, està dividida en: una part que fa referència a la franja d'edat de l'enquestat; una altra part destinada al tipus de carn i el seu consum; la darrera part destinada als efectes a destacar de la producció massiva de carn.

De les 318 persones que han contestat l'enquesta, 122 estan dins de la franja d'edat de 46-60 i 102 tenen entre 13 i 21 anys. Seguidament, de les franges d'edat d'entre 0-12 anys, 21-35 anys, 36-45 i 60 anys o més, hi ha 1, 36, 38 i 60 persones, respectivament.

L'apartat següent de l'enquesta fa referència al consum de carn. Primerament, es preguntava el nombre total de cops que l'enquestat consumia carn al llarg de la setmana. És important destacar que un 40,9 % -130- dels enquestats afirmen que consumeixen carn 3-4 cops per setmana, una dada que és vàlida i recomanada per entitats com la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC), i per

investigadors com Manuel Moñino[102].[103] D'altra banda, un 31,4 % -100- dels enquestats afirmen que consumeixen carn fins a 5-6 cops per setmana, cosa que l'OMS rebutja.

Seguidament, les dues preguntes posteriors fan referència al tipus de carn més saludable i del tipus que els enquestats en mengen més. En la primera, un nombre molt elevat d'enquestats -237- van contestar, correctament, que la carn blanca era més saludable que la carn vermella. D'altra banda, també és important destacar que hi ha 81 enquestats que tenen coneixements erronis sobre aquesta informació.
Pel que fa al tipus de carn que consumeixen més, la majoria dels enquestats -53,1 %- consumeixen carn blanca o magra. Per contra, el 42,1 % dels enquestats consumeix més carn vermella. Així mateix, el tant per cent restant -4,7 %- són vegetarians, per tant, no consumeixen carn.

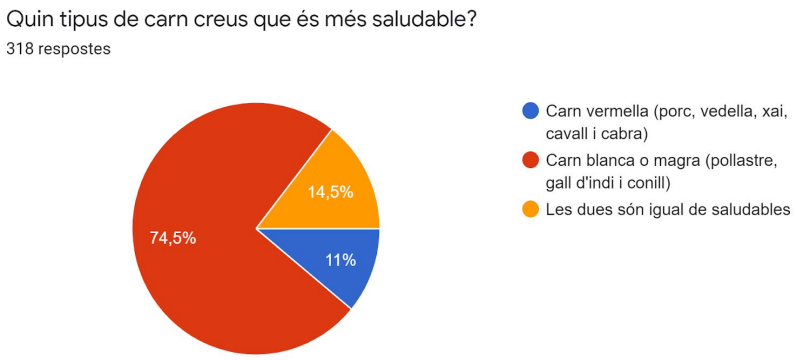


Figura 28. Gràfic tipus de carn més saludable.

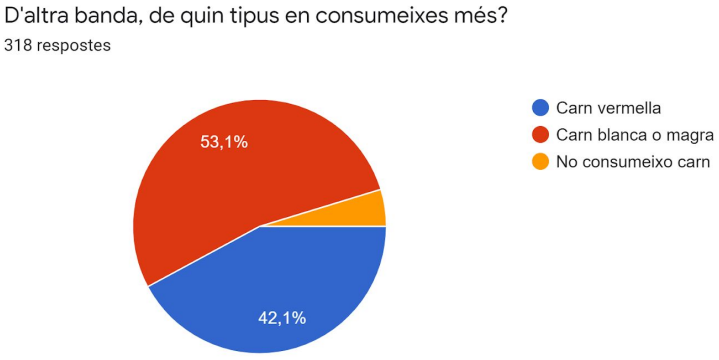


Figura 29. Gràfic tipus de carn que es consumeix més.

A continuació, es preguntava a l'enquestat si es podria millorar la producció massiva de carn en un futur. La majoria dels enquestats van afirmar que sí.

[102] Investigador del *Centro de Investigación Biomèdica en Red de la Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición CIBERBON* i president del *Colegio Oficial de Dietistas-Nutricionistas Baleares*.
[103] Carn blanca o carn vermella. Carnisseries Serraplà. 06/07/2020. http://serrapla.cat/apunts/carn-blanca-o-carn-vermella/

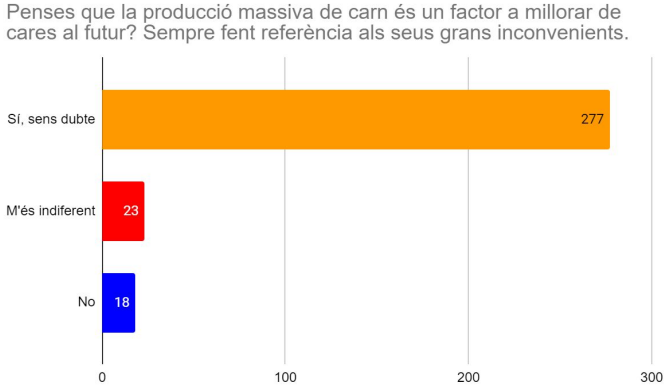


Figura 30. Gràfic de la millora de la producció massiva de carn.

Altrament, el darrer bloc de preguntes està destinat a conceptes més teòrics de la producció massiva de carn, com dades d'interès o inconvenients.

Primerament, s'enquesta el percentatge de CO_2 produït pel sector ramader uns anys enrere (2007). Així mateix, aquestes dades no s'allunyen gaire de la realitat. Només el 37,7 % (120) dels enquestats van seleccionar la resposta correcta: un 9 % de CO_2. Aquest percentatge fa referència a la suma de totes les emissions generades al llarg de la cadena de producció de la carn[104].

A continuació, es planteja la possibilitat que tot el procés de l'agricultura animal produís menys gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera que els gasos produïts directament en l'ús dels cotxes, trens, vaixells i avions, tots ells combinats. En aquest aspecte, un gruix significatiu -42,8 %, és a dir, 136- dels enquestats van mostrar que no tenen coneixement d'aquesta dada. Així mateix, només un 20,1 % -és a dir, 64- de tots els enquestats van afirmar, correctament, que tot el procés d'agricultura animal produeix més gasos d'efecte hivernacle. Així mateix, un 31,8 % dels enquestats va afirmar que la totalitat de l'agricultura animal produeix menys gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera.

D'altra banda, es preguntava en quin percentatge afectaven els principals gasos d'efecte hivernacle produïts per l'agricultura. En aquest cas, només 93 dels enquestats, és a dir, un 29,2 %, van seleccionar la dada que més s'apropa a la

[104] Aquesta dada està desenvolupada a l'apartat 1.2.-Aspectes importants.

realitat; 65 % de l'òxid nitrós (N_2O) humà, 37 % de tot el metà (CH_4) i 64 % de l'amoníac (NH_3).

Seguidament, en aquest punt, els enquestats eren preguntats per una dada d'interès. En aquest cas concret, havien d'indicar quina quantitat d'aigua -en litres (L)- es necessitava per a produir 1 quilogram (kg) de carn bovina. La majoria dels enquestats -55 %- van respondre que es gasten 8.763 L. D'altra banda, la despesa total d'aigua per a produir un quilogram de carn bovina és de 15.415 L. Només el 15,4 % -49- dels enquestats va encertar la despesa comentada.

En la darrera pregunta, es posa de manifest una de les conseqüències més significatives de la producció massiva de carn: el desenvolupament de resistència per part dels bacteris als medicaments a causa d'un ús massiu d'aquests en aquest sector. Aquest fet comportarà una quantitat molt elevada de víctimes mortals a mitjan segle XXI, un total de 10 milions. En aquest aspecte, només el 23,6 % -75 persones- de tota la població enquestada coneix aquesta greu conseqüència.

CONCLUSIONS

Considero que en referència als objectius proposats n'he complert la majoria.

En primer lloc, he conegut amb profunditat els inconvenients proporcionats per la producció massiva de carn, des de l'emissió dels gasos d'efecte hivernacle fins al desenvolupament de resistències d'alguns bacteris en alguns medicaments. Així mateix, també he pogut conèixer uns quants conceptes importants relacionats directament amb aquest àmbit. A més, en el primer apartat del treball, crec que descric argumentadament tots aquests aspectes, amb l'objectiu de proporcionar una informació ordenada i adequada a la població interessada en la producció massiva de carn.

D'altra banda, he conegut quins són els principals elements presents tant en les plantes com en els animals que fan possible la semblança en les respectives propietats organolèptiques. Aquesta informació ha estat descrita en els apartats 1.4, 2.5 i 2.6 del treball. En el cas concret del meu estudi, aquests elements són l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja, els quals tenen en comú el grup hemo.

Respecte a com afecten aquests elements a donar el gust, he pogut estudiar les característiques corresponents de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja i, destacar el grup hemo com a potenciador del gust. L'estudi dut a terme -en els apartats 2.3 i 2.4- d'ambdues proteïnes ha estat suficient per a poder entendre i resoldre aquest objectiu.

També he pogut conèixer i confirmar la possibilitat de produir productes anàlegs a la carn a partir d'elements vegetals. Constato aquest punt a partir de la comparació feta en els apartats -2.5, 2.6 i 4.1- per tal d'establir unes propietats organolèptiques semblants. D'aquesta manera, l'estudi exhaustiu de les dues proteïnes ha estat clau per poder marcar aquesta semblança, seguit dels diferents aliments no animals que proporcionen la similitud en les propietats organolèptiques entre aquest producte anàleg i una hamburguesa de carn de bou.

A més, he analitzat exhaustivament les respectives seqüències de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja per tal d'estudiar els aminoàcids presents. El procediment està expressat principalment a l'apartat 3.2. i a l'Annex 1. Així mateix, la capacitat d'analitzar i comparar ambdues seqüències és un factor que s'ha tingut en compte a l'hora de plantejar la semblança entre l'hamburguesa vegetal i l'hamburguesa de carn de bou.

D'altra banda però, ha estat impossible poder assolir l'objectiu de sintetitzar un tripèptid de la leghemoglobina de soja. La síntesi d'aquest tripèptid hauria evidenciat que amb més temps i capital podria aconseguir la síntesi de la proteïna completa i, per tant, de l'ingredient que proporciona, en gran mesura, la semblança. Per contra, això no ha estat possible. En un principi, havia acordat l'ús de les instal·lacions del laboratori de la Universitat de Girona (UdG), però la irrupció de la Covid-19 va eliminar aquesta possibilitat i, per tant, de poder assolir uns dels objectius principals del treball.

Malgrat tot, aquest contratemps ha afavorit l'assoliment d'un objectiu diferent. Vaig pensar d'elaborar casolanament hamburgueses vegetals per tal de comparar aquest producte anàleg amb una hamburguesa de bou. D'altra banda, la impossibilitat d'aconseguir, per qualsevol via, la leghemoglobina de soja va fer que hagués de cercar una altra via per obtenir-la. Així, em vaig posar en contacte amb l'empresa Impossible Foods, però aquesta va negar-me'n la sol·licitud. Tot i això, sento una gran satisfacció perquè davant d'aquest altre problema vaig poder elaborar una via alternativa per seguir amb ganes i il·lusió el treball, i que també estigués relacionada amb l'objectiu que no podia assolir. D'aquesta manera, va sorgir la idea de la síntesi de l'hamburguesa vegetal sense aquest ingredient amb l'objectiu d'evidenciar la seva importància.

Per tant, he elaborat casolanament un total de quinze hamburgueses vegetals i, també he pogut fer un tast per comparar la seva semblança amb una hamburguesa de carn de bou. La informació corresponent d'aquest objectiu està detallada en el global de l'apartat quatre del treball. D'aquesta manera, un cop fetes les hamburgueses es van seleccionar quinze persones perquè fessin el test sensorial.

El desenvolupament d'aquest test sensorial en què es comparava una hamburguesa vegetal i una hamburguesa de bou ha fonamentat les conclusions següents sobre les propietats organolèptiques de l'hamburguesa vegetal. La valoració general de l'hamburguesa vegetal és molt positiva, ja que el global de les seves propietats han estat ben encertades, en especial, en la forma i la mida i, també en el color. D'aquesta manera, he aconseguit produir una hamburguesa vegetal relativament equivalent "organolèpticament parlant" a una de bou. Tot i això, penso que hi podria haver una millora important en l'olor. Així mateix, la mínima millora de la textura, incidint en la seva consistència, i el gust, concretament en contrarestar-ne l'excessiva dolçor, ajudarien a assolir la perfecció d'ambdues propietats. D'altra banda, penso que és important comentar que l'hamburguesa vegetal no té cap mena d'additius. Per tant, és un factor a tenir en compte de cara al futur per a poder-la millorar.

Finalment, he donat a conèixer aspectes importants de la producció massiva de carn i també he observat els coneixements de la població envers aquest àmbit. La informació relacionada amb aquest objectiu se situa a l'apartat cinc del treball. Concloc que la majoria dels enquestats estan a favor d'un progrés en aquest àmbit. D'altra banda, els resultats de l'enquesta posen de manifest que el gruix de la població no està plenament conscienciada amb aquesta problemàtica. És a dir, la majoria dels enquestats estan a favor de la millora d'aquest àmbit, però encara no estan immersos en aquest món. D'aquesta manera, el primer pas cap a un futur òptim és el coneixement del present, és a dir, del que actualment és perjudicial.

Sobre l'extensió d'aquest treball, puc dir que l'he reduït a la comparació sensitiva de l'hamburguesa vegetal envers l'hamburguesa bovina, ja que la comparació dels nutrients, vitamines i altres aspectes més específics requereix d'una molt major inversió en l'assoliment dels coneixements necessaris. Tot i així, contemplo seriosament aquesta via com una porta oberta per a l'ampliació d'aquest treball.

Penso que aquest treball m'ha servit per poder adonar-me del greu problema que suposa la producció massiva de carn, no només en el medi ambient, sinó també en la salut. Així mateix, he gaudit molt durant tot el procés, atès que he desenvolupat

aficions que desconeixia cap a la indústria agroalimentària i a l'àmbit de la biotecnologia, ambdós estretament relacionats. Se m'acudeixen unes quantes propostes d'un nou treball basades en la indústria agroalimentària. En concret, vull ressaltar una proposta d'ampliació d'aquest mateix treball. Penso que seria molt convenient i entretingut poder acabar aquest treball d'aquí a uns anys, és a dir, poder arribar a sintetitzar no només el tripèptid sinó també tota la leghemoglobina de soja. D'aquesta manera, crec que seria el tancament d'un treball molt bonic. L'inici de la continuació d'aquesta part del treball es troba a l'apartat Annex 4.

Així mateix, estic molt satisfet, ja que aquest treball pot servir com a inspiració cap al canvi, és a dir, cap a la millora del nostre medi ambient i a la possibilitat d'adaptar hàbits més sostenibles.

La indústria agroalimentària té un paper rellevant en la nostra societat, però penso que aquest àmbit pot millorar exponencialment a curt termini. Així mateix, la biotecnologia tindrà un paper molt important en aquesta indústria. L'avenç científic és inevitable i, per tant, l'avenç de la societat ho ha de ser també. Crec que la millora de la ciència en aquest camp pot aportar la felicitat de la societat en petites coses aparentment insignificants, però amb molt de valor amagat.

NOTA D'AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a la supervisió constant del meu tutor Albert Ramos Guerrero. La seva dedicació ha estat fonamental per a poder establir unes bases i un camí a seguir per poder desenvolupar correctament aquest treball d'investigació, així com la seva ajuda, les propostes i els consells. A més, també m'agradaria comentar el seu suport en tots els aspectes, ja sigui per poder aconseguir qualsevol informació o per desenvolupar correctament el treball. Per tant, m'agradaria agrair profundament la seva feina feta durant aquest any i la seva guia constant per poder fer un treball complet.

Seguidament, vull donar les gràcies a en Mark Martín[105], empleat de l'empresa Illumina Accelerator -inversió i creació d'empreses biotecnològiques-, per guiar-me en l'estudi exhaustiu de les seqüències d'hemoglobina de bou i de leghemoglobina de soja, a més de l'aportació necessària d'informació en aquest apartat.

També dono les gràcies a l'Ester Noguer, llicenciada en ciències químiques, la qual m'ha posat en contacte amb en Grau Matas, investigador de components vegetals en el camp de la bioquímica de l'empresa IRTA, i amb la Sandra Planas, empleada també de l'empresa IRTA. A més els agraeixo la seva involucració a l'hora de facilitar-me informació per a poder comparar les dues proteïnes.

Així mateix, voldria donar les gràcies a la Sílvia Vilà per aconseguir que pogués utilitzar les instal·lacions del laboratori de la Universitat de Girona (UdG), tot i que al final no hi pogués anar. De totes maneres, agraeixo el seu gest.

A més, agraeixo la participació de les 318 persones totalment anònimes en el meu treball, en concret, responent l'enquesta de producció massiva de carn. També voldria donar-los les gràcies per lliurar-me part del seu temps, gràcies a la seva participació he pogut extreure conclusions sobre la producció massiva de carn i la seva respectiva conscienciació a la societat.

[105] Títols acadèmics: Llicenciatura de biotecnologia (Universitat Autònoma de Barcelona), Màster d'Enginyeria Bioquímica (University College London) i Doctorat d'Enginyeria Química i Biomolecular (University of California, Berkeley).

Així mateix, també voldria donar les gràcies a les 15 persones que han participat en el test sensorial de l'hamburguesa vegetal. La seva participació ha estat cabdal per poder assolir bona part dels objectius i obtenir una valoració objectiva d'una part important del meu treball.

Per acabar, agraeixo el suport i interès mostrat en tot moment pels meus pares, Lluís i Margarita.

BIBLIOGRAFIA I ÍNDEX D'IMATGES

PÀGINES WEB

ADN recombinant. (s.d.). 1996, Enciclopèdia.cat . [Data: 02/05/2020.]. Recuperat de https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0521500.xml

Align - HBB_BOVIN & LGBA_SOYBN. (s.d.). Uniprotein. [Data: 12/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/align/A20200827E5A08BB0B2D1C45B0C7BC3B55FD265560A744AE

Àngstrom. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 05/06/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/%C3%80ngstrom

Ardévol Mallol, C. (10 d'agost, 2020). Per què el consum de carn té relació amb el canvi climàtic? Tres claus per a entendre l'alerta de l'ONU. VilaWeb. [Data: 14/03/2020.]. Recuperat de https://www.vilaweb.cat/noticies/per-que-el-consum-de-carn-te-relacio-amb-el-canvi-climatic-tres-claus-per-a-entendre-lalerta-de-lonu/

Beyond Burger, la hamburguesa vegetal que imita la carne ya está en España, y la hemos probado. (29 de gener, 2019). VelSid. Gastronomía & Cía. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de https://gastronomiaycia.republica.com/2019/01/29/beyond-burger-la-hamburguesa-vegetal-que-imita-a-la-carne-ya-esta-en-espana-y-la-hemos-probado/

Biotecnología. (17 de març, 2011). 2010. EcuRed. [Data: 03/05/2020.]. Recuperat de https://www.ecured.cu/Biotecnolog%C3%ADa#Historia

Biotecnologia - Història. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 30/04/20.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Biotecnologia#Hist%C3%B2ria

Biotecnología verde o agroalimentaria. (24 de setembre, 2010). EcuRed. [Data: 30/06/2020.]. Recuperat de https://www.ecured.cu/Biotecnolog%C3%ADa_verde_o_agroalimentaria.

Brown, P. CEO and Founder. (02 març, 2018). Heme & Health: The Essentials. Impossible Foods. Impossible™ Products, Impossible Burger. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de https://medium.com/impossible-foods/heme-health-the-essentials-95201e5afffa

Calvo, M. (s.d.). Bioquímica en los alimentos. [Data: 23/04/2020.]. Recuperat de http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/mioglobina.html

Carcinogenicidad del consumo de carne roja y de la carne procesada. (Octubre, 2015). Organització Mundial de la Salut (OMS). [26/04/2020.]. Recuperat de https://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/es/

Carn - CA. (s.d.). GreenPeace. [Data: 14/03/2020.]. Recuperat de https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/carne/

Carn blanca. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 26/04/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Carn_blanca

Carn vermella. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 26/04/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Carn_vermella

Carn blanca o carn vermella. Carnisseries serraplà. [Data: 06/07/2020.]. Recuperat de http://serrapla.cat/apunts/carn-blanca-o-carn-vermella/

Christian. (13 de febrer, 2020). La importancia de un panel de cata en la innovación del producto. Pilarica, la fórmula natural del sabor. [30/09/2020.]. Recuperat de https://www.pilarica.es/importancia-panel-de-cata/

Citosol. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Citosol

Código genético - Tabla 1: Tabla de codones de ARN. (s.d.). 2001. Wikipedia. [Data: 06/07/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Codi_gen%C3%A8tic#Taula_1:_Taula_de_codons_d'ARN

Coordination number. (s.d.). Wiktionary. [Data: 07/06/2020.]. Recuperat de https://en.wiktionary.org/wiki/coordination_number

Cros, M. (17 d'agost, 2017). L'efecte destructiu i poc conegut de la carn. El Temps. [Data: 14/03/2020.]. Recuperat de https://www.eltemps.cat/article/1960/consum-carn-destrueix-planeta

Dextrogir / dextrogira. (s.d.). 1995. Diccionari General DCT. Diccionari de geologia. [Data: 19/05/2020.]. Recuperat de https://cit.iec.cat/progdct/default.asp?opcio=99&id=46294#top#top

Diferències entre la carn blanca i la vermella. (03 de juny, 2019). Nomen. [Data: 26/04/2020.]. Recuperat de https://nomen.es/ca/diferencies-carn-blanca-i-la-vermella/

Elcacho, N. (20 de març, 2014). Actualitzat 12 de febrer, 2019. Desmitificant la carn. L'ABC. [Data: 26/04/20.]. Recuperat de

Elcacho, J. Periodista especialitzat en Medi Ambient i Ciència. (19 de març, 2019). Resistència als antibiòtics provocada per la ramaderia. Bio Eco Actual. [Data: 20/04/2020.] . Recuperat de https://www.bioecoactual.com/ca/2019/03/19/resistencia-als-antibiotics-ramaderia/

Etapas de la transcripción. (s.d.). Khan Academy. [Data: 08/07/2020.]. Recuperat de https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/stages-of-transcription

Fusión de membranas. (s.d.). Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/fusion-membranas

Gonzalvo, P. (05 de juliol, 2017). Actualitzat 12 de febrer, 2019. Canvi climàtic i agricultura: un futur incert. Ets el que menges. [Data: 21/12/2020.]. Recuperat de https://etselquemenges.cat/repte/canvi-climatic-i-agricultura

Grado en Biotecnología. (s.d.). Biotecnologia - Universitat de Murcia. [Data: 20/04/2020.]. Recuperat de https://www.um.es/web/estudios/grados/biotecnologia

HBB - Hemoglobin subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. (s.d.) Sequence. Uniprotein. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

Hem de menjar diferent: la crida urgent de l'ONU per frenar la crisi climàtica. (14 d'agost, 2019). CCMA-3/24. [Data: 14/03/20.]. Recuperat de https://www.ccma.cat/324/hem-de-menjar-diferent-la-crida-urgent-de-lonu-per-frenar-la-crisi-climatica/noticia/2940439/

Hemoglobina - Degradació en els animals vertebrats. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina#Degradaci%C3%B3_en_els_animals_vertebrats

Hemoglobina. (s.d.). Instituto Nacional del Cáncer. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/hemoglobina

Hemoproteína. (s.d.). Química.es. [Data: 26/05/2020.]. Recuperat de https://www.quimica.es/enciclopedia/Hemoprote%C3%ADna.html

Heterocíclic -a. (s.d.). Diccionari de química | TERMCAT. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.termcat.cat/es/diccionaris-en-linia/212/fitxa/MzIzMzA4OQ==

Historia de la biotecnología. (s.d.). Centro de Biotecnología -Genética y Tecnología. [Data: 03/05/2020.]. Recuperat de https://www.centrobiotecnologia.cl/historia-de-la-biotecnologia/

Historia de la biotecnología. (s.d.). 2001. Wikipedia. [Data: 30/04/2020.]. Recuperat de https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_biotecnolog%C3%ADa

How we make meat from plants. (s.d.). Beyond Meat. Ingredients. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de https://www.beyondmeat.com/about/our-ingredients/

Indústria càrnia. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 11/04/20.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Ind%C3%BAstria_c%C3%A0rnia

La biotecnologia. Aplicacions. (s.d.). Biolulia. [Data: 03/05/2020.]. Recuperat de https://biolulia.wordpress.com/biolulia/4-eso/1-la-cel%C2%B7lula/2-7-la-biotecnologia/

La transfección - Transfection. (s.d.). 1995. Wiki. [Data: 26/07/2020.]. Recuperat de https://es.qwe.wiki/wiki/Transfection#Chemical-based_transfection

LBA - Leghemoglobin A - Glycine max (Soybean) - LBA gene & protein. (s.d.). Sequence. Uniprotein. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/uniprot/P02238

Leghemoglobina. (s.d.). 2001. Wikipedia. [Data: 07/06/2020.]. Recuperat de https://es.wikipedia.org/wiki/Leghemoglobina

Llega la hamburguesa vegetal que sabe a carne… y hasta sangra si está poco hecha. (26 de juliol, 2018). CADENA SER. Madrid. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de https://cadenaser.com/ser/2018/07/26/gastro/1532613947_604895.html

Matthews, C. (29 de novembre, 2007). La ganadería amenaza el medio ambiente. FAO. Roma. [Data: 24/04/2020.]. Recuperat de http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html

Moreno Cullell, V. (23 de setembre, 2010). Els orígens de la industrialització: la revolució agrícola del segle XVIII. Sàpiens. [Data: 24/12/2020.]. Recuperat de https://blogs.sapiens.cat/socialsenxarxa/etiqueta/revolucio-industrial/page/4/

Nitrogenasa. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 26/05/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Nitrogenasa

Nòdul radicular. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 05/06/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/N%C3%B2dul_radicular

Ortúzar, F. Assessora legal d'AIDA. (01 d'abril, 2013). Producción masiva de carne: ¿Qué implica un bistec de supermercado? [Data: 11/04/2020.]. Recuperat de https://aida-americas.org/es/blog/producci%C3%B3n-masiva-de-carne-%C2%BFqu%C3%A9-implica-un-bistec-de-supermercado

Padrés, L. (27 de febrer, 2012). Genètica molecular. Expressió del missatge genètic. BIOPILI, apunts de biologia. [Data: 06/07/2020.]. Recuperat de http://biopili.weebly.com/expressioacute-del-missatge-genegravetic.html#

Pasteurització. (s.d.). 1996. Encilopèdia.cat . [Data: 01/05/2020.]. Recuperat de https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0130099.xml

Perarnau, J. Director del mNACTEC. Armengol, M. Historiadora. (s.d.). Conservar els aliments. EIX. [Data: 01/05/2020.]. Recuperat de https://mnactec.cat/revista-eix/conservar-els-aliments/

Plasmid DNA Transfection. (s.d.). Thermo Fisher Scientific. [Data: 26/07/2020.]. Recuperat de https://www.thermofisher.com/es/es/home/life-science/cell-culture/transfection/choosing-a-transfection-reagent.html

Plasmidi. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Plasmidi

Porfirina. (s.d.). 2001. Viquipèdia. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/Porfirina
Procesamiento de pre-ARNm eucarionte. (s.d.). Khan Academy. [Data: 09/07/2020.]. Recuperat de https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/eukaryotic-pre-mrna-processing

Presentan la primera hamburguesa de carne sintética. (05/08/2013). La Vanguardia. [Data: 14/03/2020.]. Recuperat de https://www.lavanguardia.com/ciencia/20130805/54378357046/presentan-la-primera-hamburguesa-de-carne-sintetica.html

Propiedades nutricionales de la carne. (s.d.). Redacción Infoalimentación.com. Información alimentaria. Infoalimentación.com. [Data: 03/08/2020.]. Recuperat de http://www.infoalimentacion.com/documentos/propiedades_nutricionales_carne.asp

Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score. (s.d.). Wikipedia. [Data: 07/06/2020.]. Recuperat de https://en.wikipedia.org/wiki/Protein_Digestibility_Corrected_Amino_Acid_Score

Què és la carn processada? (26 d'agost, 2015). El País. [Data: 26/04/20.]. Recuperat de https://cat.elpais.com/cat/2015/10/26/ciencia/1445873550_076067.html

Ramos, V. (25 d'abril, 2020). Alternativas a la carne para intentar reducir el impacto medioambiental. Eulixe. [Data: 11/04/2020.]. Recuperat de https://www.eulixe.com/articulo/actualidad/las-alternativas-a-la-carne/20190725011652015800.html

Rodríguez, F. (21 de juliol, 2017). Hemoglobina. Blog de Laboratorio Clínico y Biomédico. Hematología. [Data: 21/05/2020.]. Recuperat de https://www.franrzmn.com/hemoglobina/#Estructura_de_la_hemoglobina

Serra, O. (08 d'agost, 2019). Alemanya es planteja encarir la carn per combatre la contaminació. CCMA-3/24. [Data: 14/03/2020.] .Recuperat de https://www.ccma.cat/324/alemanya-planteja-encarir-la-carn-per-combatre-la-contaminacio/noticia/2940458/

Síntesis de las proteínas en el núcleo (transcripción y traducción). (14 de febrer, 2014). Cátedra de Biología. [Data: 07/07/2020.]. Recuperat de http://biologiachalacoronald.blogspot.com/2014/02/sintesis-de-las-proteinas-en-el-nucleo.html

Transfection - All you need to know about nucleic acids delivery. (s.d.). PolyPlus-transfection. [Data: 06/07/2020.]. Recuperat de https://www.polyplus-transfection.com/about-us/what-is-transfection/

Villanueva, A. (12 de setembre, 2018). ¿Què es la Biotecnología? Nanova. [Data: 30/04/2020.]. Recuperat de https://nanova.org/que-es-la-biotecnologia/

What are the ingredients? (s.d.). Impossible Foods. Impossible™ Products, Impossible Burger. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de https://faq.impossiblefoods.com/hc/en-us/articles/360018937494-What-are-the-ingredients-

What is soy leghemoglobin, or heme? (s.d.). Impossible Foods. Impossible™ Products, All about heme. [Data: 26/05/2020.]. Recuperat de https://faq.impossiblefoods.com/hc/en-us/articles/360019100553-What-is-soy-leghemoglobin-or-heme-

¿Ya conoces la hamburguesa imposible? (26 d'abril, 2019). ONU, programa para el medio ambiente. [Data: 14/03/2020.]. Recuperat de https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/ya-conoces-la-hamburguesa-imposible

DOCUMENTS ELECTRÒNICS

Climate Change and Land. (07 d'agost, 2019). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. [14/03/2020.]. Recuperat de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf

Coneixes l'aigua? (s.d.). Programa educatiu de medi ambient de Vic. Ajuntament de Vic. Pàgina 6. [Data: 24/12/2020]. Recuperat de https://programamediambient.vic.cat/wp-content/uploads/2015/09/Esquema-d%C3%BAs-Coneixes-laigua-V2015.pdf

Dr. Arredondo Peter, R. (s.d.). Hemoglobinas vegetales. Laboratoria de Biofísica y Biología Molecular. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de Morales. [Data: 21/05/2020.]. Recuperat de

https://www.fis.unam.mx/pdfs/seminariosBiofisica/Hemoglobinas_vegetales-RAP.pdf

Hoekstra, A. (Desembre, 2010). The green, blue and water footprint of farm animals and animal products. Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands. [Data: 24/04/2020.]. Recuperat de https://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1_1.pdf

Lira Navarrete, E. (Juny, 2017). Síntesis de péptidos. Coordinador del curso: Dr. Roberto P. Stock Silberman. Métodos físico-químicos en biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Biotecnología. Cuernavaca, Morelos. [Data: 07/07/2020.]. Recuperat de http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/sintesis_de_peptidos.pdf

Marcellesi, F. Eurodiputat de EQUO. (Maig, 2018). Comer bien para vivir mejor. Oficina EQUO-Primavera Europea. [Data: 24/04/2020.]. Recuperat de http://partidoequo.es/wp-content/uploads/2018/05/Comer-bien-para-vivir-mejor_v4_ENVIAR.pdf

Protein - Which is best? (18-19 de juny, 2005). 2004. Journal of Sports Science and Medicine. International Society of Sports Nutrition Symposium, Las Vegas NV, USA. [Data: 07/06/2020.]. Recuperat de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3905294/pdf/jssm-03-118.pdf

Rey Huerga, N. (s.d.). La Impossible Burger. La revolución de los alimentos en la UE. Revista de Bioética y Derecho - versión On-line ISSN 1886-5887 - . Facultat de Dret, Universitat de Barcelona. [Data: 19/06/2020.]. Recuperat de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872018000100013

Sainz Gandolfo, M.M. (Gener, 2014). Estructura y Función de las Hemoglobinas de Leguminosas. Tesis Doctoral. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. Pàgina 16. [Data: 21/05/2020.]. Recuperat de https://digital.csic.es/bitstream/10261/91825/1/SainzM_TD-EEAD_2014.pdf

IMATGES

Figura 1. Hoekstra, A. (Desembre, 2010). The green, blue and water footprint of farm animals and animal products. Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands. [Data: 24/04/2020.]. Recuperat de https://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1_1.pdf

Figura 2. Tema 5: Proteïnes. (s.d.). Pàgina 2. [Data: 08/04/20.]. Recuperat de https://www.oocities.org/tonicasany/proteines.pdf

Figura 3. Estructura primaria de las proteínas. (s.d.). Universidad del País Vasco. [Data: 1/07/2020.]. Recuperat de http://www.ehu.eus/biomoleculas/proteinas/prot41.htm

Figura 4. Dr. Arredondo Peter, R. (s.d.). Hemoglobinas vegetales. Laboratoria de Biofísica y Biología Molecular. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de Morales. [Data: 21/05/2020.]. Recuperat de https://www.fis.unam.mx/pdfs/seminariosBiofisica/Hemoglobinas_vegetales-RAP.pdf

Figura 5. Sebastián, A, i Yruela, I. (Gener, 2015). Estructura 3D de la leghemoglobina de Glycine max. ResearchGate. [Data: 21/05/2020.]. Recuperat de https://www.researchgate.net/figure/Figura-112-A-Estructura-3D-de-la-leghemoglobina-de-Glycine-max-soja-pdb-1BIN-a-2-2_fig7_282606296

Figura 6. HBB - Hemoglobin subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. (s.d.). Subcellular location. Uniprotein. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

Figura 7. HBB - Hemoglobin subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. (s.d.). Structure. Uniprotein. [Data: 06/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

Figura 8. Escandon, I. (s.d.). Fijación simbiótica de nitrógeno. Diapositiva 4. Slide Player. Actualitzada l'any 2015. [Data: 26/05/2020.]. Recuperat de https://slideplayer.es/slide/3920530/

Figura 9. LBA - Leghemoglobin A - Glycine max (Soybean) - LBA gene & protein. (s.d.). Structure. Uniprotein. [Data: 05/06/2020.]. Recuperat de https://www.uniprot.org/uniprot/P02238

Figura 16. Evaluación Sensorial mapa mental. (s.d.). [Data: 24/10/2020.]. Recuperat de https://www.goconqr.com/en/p/10106542-Evaluaci-n-Sensorial-mapa-mental-mind_maps?dont_count=true&frame=true&fs=true

Figura 42. La duplicació del DNA i la biosíntesi de les proteïnes. (02 de febrer, 2016). Diapositiva 33. Slideshare. [Data: 25/06/2020.]. Recuperat de https://www.slideshare.net/HolaSoyYo1/pizarra-1bio-grup10

Figura 43. Procesamiento de pre-ARNm eucarionte. (s.d.). Khan Academy. [Data: 27/06/2020.]. Recuperat de https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/eukaryotic-pre-mrna-processing

Figura 44. Ribosoma. (s.d.). Wikiwand. [Data: 07/08/2020.]. Recuperat de https://www.wikiwand.com/ca/Ribosoma

Figura 57 i 58. What is transfection? (01 d'abril, 2019). Youtube. Polyplus transfection. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=EyXEMVUMYoI&feature=emb_title

Figura 59. Introduction to Transfection. (22 de maig, 2013). Youtube. Promega Corporation. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=noNJjOthtJ8

Figura 10-15, 17-41, 45-56: Col·lecció pròpia.

Audiovisuals

Impossible Burger: así se hace una hamburguesa imposible. (23 de juliol, 2018). Youtube. CNET en Español. [Data: 20/06/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=KaYnplB41xQ

Introduction to Transfection. (22 de maig, 2013). Youtube. Promega Corporation. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=noNJjOthtJ8

Plasmid DNA Transfection Protocol. (07 d'agost, 2012). Youtube. Thermo Fisher Scientific. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=cPA2OQv8qA8

The science behind the Impossible Burger. (22 de març, 2017). Youtube. Quartz. [Data: 20/06/2020.]. Recuperat de
https://www.youtube.com/watch?v=ebNeUihciDI

Transcripción en células eucariotas. (16 d'octubre, 2018). Youtube. Estela BioMicro. [Data: 08/07/2020.]. Recuperat de
https://www.youtube.com/watch?v=cRux0Ed8uTc

Transcription Animation. (06 d'octubre, 2017). Youtube. Biology animation videos. [Data: 09/07/2020.]. Recuperat de
https://www.youtube.com/watch?time_continue=115&v=vLz2A1cjPH8&feature=emb_title

What is transfection? (01 d'abril, 2019). Youtube. Polyplus transfection. [Data: 28/07/2020.]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=EyXEMVUMYoI&feature=emb_title

DOCUMENTS ELECTRÒNICS

Belsa Hernández, M., Canal Figueres, S., Cortés Pérez, R., Gil Fernández, L., Jofresa Marquès, S. Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 2n de batxillerat.

Belsa Hernández, M., Canal Figueres, S., Cortés Pérez, R., Jofresa Marquès, S., Gil Fernández, L. Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 1r de batxillerat.

ANNEXOS

ANNEX 1. Seqüència de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja, i la seva respectiva comparació

Seqüència de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja, i la seva respectiva comparació

Aquest apartat està directament relacionat amb l'apartat 3.2.Aminoàcids presents en l'hemoglobina de bou i de soja. En aquest apartat es fa referència a les seqüències de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja, a més de les posicions dels aminoàcids i el nombre total d'aquests. Aquest apartat és útil per extreure les conclusions aportades en l'apartat 3.2 del cos del treball.

Per tant, la seqüència d'aminoàcids de l'hemoglobina de bou o Hb bou és la següent:

Met Leu Thr Ala Glu Glu Lys Ala Ala Val Thr Ala Phe Trp Gly Lys Val Lys Val Asp Glu Val Gly Gly Glu Ala Leu Gly Arg Leu Leu Val Val Tyr Pro Trp Thr Gln Arg Phe Phe Glu Ser Phe Gly Asp Leu Ser Thr Ala Asp Ala Val Met Asn Asn Pro Lys Val Lys Ala His Gly Lys Lys Val Leu Asp Ser Phe Ser Asn Gly Met Lys His Leu Asp Asp Leu Lys Gly Thr Phe Ala Ala Leu Ser Glu Leu His Cys Asp Lys Leu His Val Asp Pro Glu Asn Phe Lys Leu Leu Gly Asn Val Leu Val Val Val Leu Ala Arg Asn Phe Gly Lys Glu Phe Thr Pro Val Leu Gln Ala Asp Phe Gln Lys Val Val Ala Gly Val Ala Asn Ala Leu Ala His Arg Tyr His[106]

Seguidament, s'ha de cercar la seqüència d'aminoàcids de la leghemoglobina de soja o GmLba:

Met Val Ala Phe Thr Glu Lys Gln Asp Ala Leu Val Ser Ser Ser Phe Glu Ala Phe Lys Ala Asn Ile Pro Gln Tyr Ser Val Val Phe Tyr Thr Ser Ile Leu Glu Lys Ala Pro Ala Ala Lys Asp Leu Phe Ser Phe Leu Ala Asn Gly Val Asp Pro Thr Asn Pro Lys Leu Thr Gly His Ala Glu Lys Leu Phe Ala Leu Val Arg Asp Ser Ala Gly Gln Leu Lys Ala Ser Gly Thr Val Val Ala Asp Ala Ala Leu Gly Ser Val His Ala Gln Lys Ala Val Thr Asp Pro Gln

[106] HBB- Hemoglobine subunit beta - Bos taurus (Bovine) - HBB gene & protein. Uniprot. 1965. https://www.uniprot.org/uniprot/P02070

Phe Val Val Val Lys Glu Ala Leu Leu Lys Thr Ile Lys Ala Ala Val Gly Asp Lys Trp Ser Asp Glu Leu Ser Arg Ala Trp Glu Val Ala Tyr Asp Glu Leu Ala Ala Ala Ile Lys Lys Ala [107]

D'altra banda, per comparar les seqüències és necessari establir-les de costat, per tal de facilitar-ne no només el seu estudi però també la seva comparació. Així mateix, les seqüències s'alineen a partir de les estructures completes de l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja. És a dir, s'estableixen segons les seves estructures terciàries. Els aminoàcids ressaltats en negreta[108] fan referència a aquells que coincideixen en ambdues seqüències, és a dir, en l'hemoglobina de bou i la leghemoglobina de soja.

	1	2	3	4	**5**	6	7	8	9	**10**	11	**12**	13	14
Hb bou	**Met**	Leu	-	-	**Thr**	Ala	Glu	Glu	Lys	**Ala**	Ala	**Val**	Thr	Ala
Gm Lba	**Met**	Val	Ala	Phe	**Thr**	Glu	Lys	Gln	Asp	**Ala**	Leu	**Val**	Ser	Ser

	15	16	17	18	19	**20**	21	22	23	24	25	26	27	28
Hb bou	Phe	Trp	Gly	Lys	Val	**Lys**	Val	Asp	-	-	Glu	Val	Gly	Gly
Gm Lba	Ser	Phe	Glu	Ala	Phe	**Lys**	Ala	Asn	Ile	Pro	Gln	Tyr	Ser	Val

	29	30	31	32	33	34	**35**	36	37	38	**39**	40	41	42
Hb	Glu	Ala	Leu	Gly	Arg	Leu	**Leu**	Val	Val	Tyr	**Pro**	Trp	Thr	Gln

[107] LBA - Leghemoglobin A - Glycine max (Soybean) - LBA gene & protein. Uniprot. https://www.uniprot.org/uniprot/P02238
Sainz Gandolfo, M.M. Estructura y Función de las Hemoglobinas de Leguminosas. Tesis Doctoral. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. Gener. 2014. Pàgina 79. https://digital.csic.es/bitstream/10261/91825/1/SainzM_TD-EEAD_2014.pdf
[108] La posició d'aquest tipus d'aminoàcids també està ressaltada en negreta.

bou														
Gm Lba	Val	Phe	Tyr	Thr	Ser	Ile	**Leu**	Glu	Lys	Ala	**Pro**	Ala	Ala	Lys
	43	44	**45**	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Hb bou	Arg	Phe	**Phe**	Glu	Ser	Phe	Gly	Asp	Leu	Ser	Thr	Ala	Asp	Ala
Gm Lba	Asp	Leu	**Phe**	Ser	Phe	Leu	-	-	-	-	Ala	Asn	Gly	Val
	57	58	59	**60**	**61**	**62**	63	64	65	**66**	67	68	**69**	70
Hb bou	Val	Met	Asn	**Asn**	**Pro**	**Lys**	Val	Lys	Ala	**His**	Gly	Lys	**Lys**	Val
Gm Lba	Asp	Pro	Thr	**Asn**	**Pro**	**Lys**	Leu	Thr	Gly	**His**	Ala	Glu	**Lys**	Leu
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	**81**	82	83	84
Hb bou	Leu	Asp	Ser	Phe	Ser	Asn	Gly	Met	Lys	His	**Leu**	Asp	Asp	Leu
Gm Lba	Phe	Ala	Leu	Val	Arg	Asp	Ser	Ala	Gly	Gln	**Leu**	Lys	Ala	Ser
	85	86	87	88	89	90	**91**	**92**	**93**	94	95	96	**97**	98
Hb bou	-	-	Lys	Gly	Thr	Phe	**Ala**	**Ala**	**Leu**	Ser	Glu	Leu	**His**	Cys
Gm Lba	Gly	Thr	Val	Val	Ala	Asp	**Ala**	**Ala**	**Leu**	Gly	Ser	Val	**His**	Ala

	99	**100**	101	102	103	**104**	**105**	106	107	**108**	109	110	111	112
Hb bou	Asp	**Lys**	Leu	His	Val	**Asp**	**Pro**	Glu	Asn	**Phe**	Lys	Leu	Leu	Gly
Gm Lba	Gln	**Lys**	Ala	Val	Thr	**Asp**	**Pro**	Gln	-	**Phe**	Val	Val	Val	Lys

	113	114	**115**	116	117	118	119	120	121	122	123	**124**	125	126
Hb bou	Asn	Val	**Leu**	Val	Val	Val	Leu	Ala	Arg	Asn	Phe	**Gly**	Lys	Glu
Gm Lba	Glu	Ala	**Leu**	Leu	Lys	Thr	Ile	Lys	Ala	Ala	Val	**Gly**	Asp	Lys

	127	128	129	130	**131**	132	133	134	135	136	137	138	139	140
Hb bou	Phe	Thr	Pro	Val	**Leu**	Gln	Ala	Asp	-	-	-	-	Phe	Gln
Gm Lba	Trp	Ser	Asp	Glu	**Leu**	Ser	Arg	Ala	Trp	Glu	Val	Ala	Tyr	Asp

	141	142	143	**144**	145	146	147	148	**149**	150	151	152	153	154
Hb bou	Lys	Val	Val	**Ala**	Gly	Val	Ala	Asn	**Ala**	Leu	Ala	His	Arg	Tyr
Gm Lba	Glu	Leu	Ala	**Ala**	Ala	Ile	Lys	Lys	**Ala**	-	-	-	-	-

	155
Hb	His

bou

Gm -
Lba

Tipus d'aminoàcid semblant en la comparació de les dues seqüències

Es classifiquen els aminoàcids que en la posició són del mateix tipus. La classificació de cada aminoàcid es fa seguint el patró citat posteriorment. A més, fa referència a la comparació de les dues seqüències.

- Els aminoàcids no polars o hidrofòbics subratllats en color blau.
- Els aminoàcids polars sense càrrega subratllats en color taronja.
- Els aminoàcids polars amb càrrega negativa subratllats en color vermell.
- Els aminoàcids polars amb càrrega positiva subratllats en color verd.

Taula relació del nombre d'aminoàcids de cada tipus

Tipus aminoàcid	Nre. aa Hb[109] bou	Nre. aa Gmlba[110] soja	Diferència respecte Gmlba soja
Alanina	16	26	+10
Arginina	4	2	-2
Asparagina	7	3	-4
Àcid aspàrtic	9	9	0
Cisteïna	1	-	-1
Glutamina	3	5	+2

[109] Hb → Hemoglobina
[110] Gmlba → Leghemoglobina

Àcid glutàmic	8	8	0
Glicina	11	6	-5
Histidina	6	2	-4
Isoleucina	0	4	+4
Leucina	17	13	-4
Lisina	13	14	+1
Metionina	3	1	-2
Fenilalanina	10	8	+2
Prolina	4	5	+1
Serina	5	11	+6
Treonina	6	7	+1
Triptòfan	2	2	0
Tirosina	2	3	+1
Valina	18	15	-3

ANNEX 2. Informació de l'enquesta relacionada amb el test sensorial

Aquest apartat dels annexos consta de tota la informació de l'enquesta contestada per les quinze persones que van fer el test sensorial d'ambdues hamburgueses.

D'aquesta manera, l'enquesta es dividia en una part de valoració de cada propietat de cada hamburguesa del 0 al 5, i una part de valoració personal de cada propietat organolèptica. En aquest apartat només es farà referència a les valoracions personals, ja que les valoracions del 0 al 5 ja han estat citades en l'apartat 4.3. Enquesta relacionada amb el tast sensorial.

PREGUNTA 1. Quina edat tens?

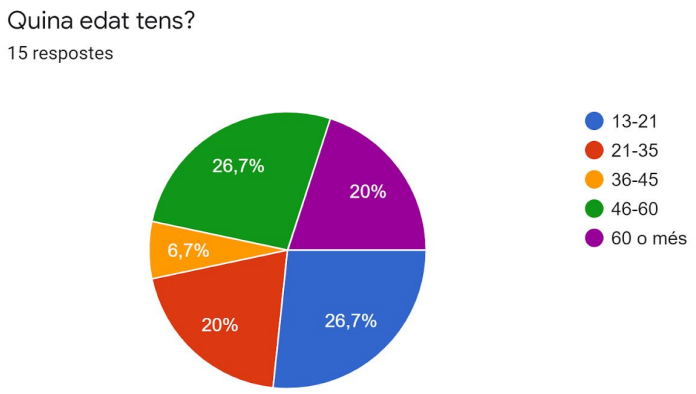


Figura 31.

PREGUNTA 2. Quina creus que és l'hamburguesa vegetal?

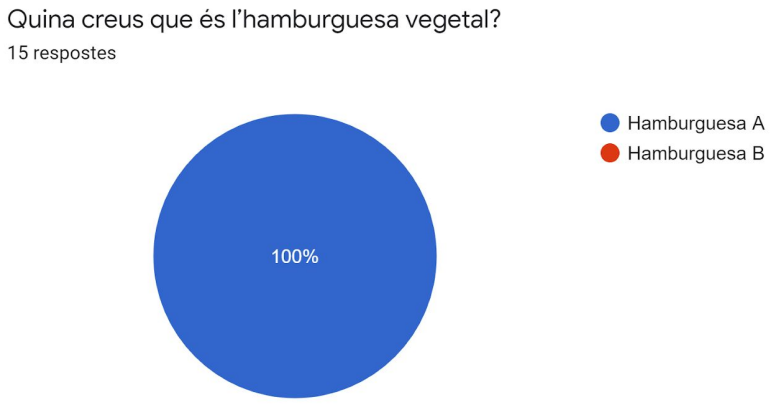


Figura 32.

PREGUNTA 3. Què t'ha fet escollir l'opció anterior?

1. L'olor.
2. L'olor.
3. En el que més es diferencien és l'olor i el color.
4. El gust i l'olor.
5. El gust.

6. Perquè és una mica dolça.
7. El gust a picant.
8. Aspecte.
9. La forma i la consistència de l'hamburguesa a part de l'olor, ja que la vegetal té una olor més forta que l'hamburguesa de carn i és clar, el sabor.
10. El gust i el color.
11. La textura.
12. L'olor, gust.
13. Pel gust especiat i l'interior de l'hamburguesa.
14. L'aparença a primera vista i posteriorment la textura i l'olor.
15. Textura.

PREGUNTA 4. Has utilitzat l'acompanyament?

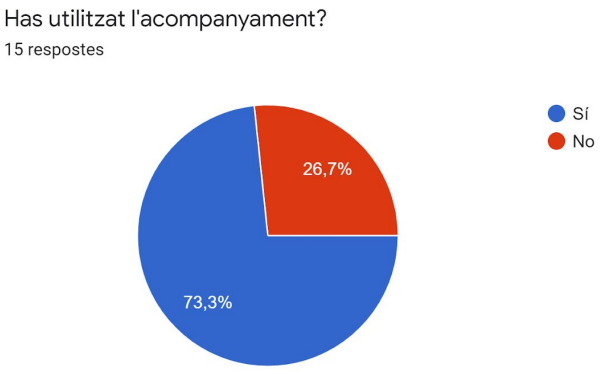


Figura 33.

PREGUNTA 5. En cas afirmatiu, ha millorat l'experiència?

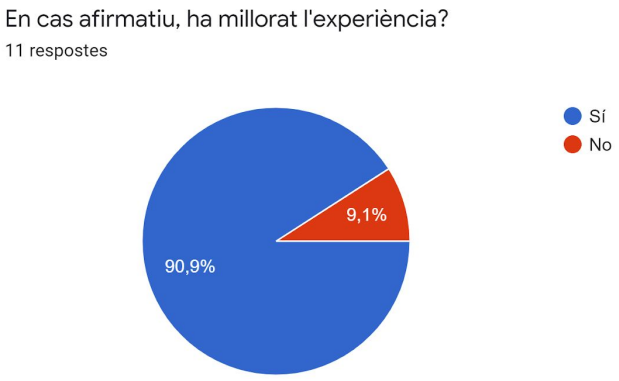


Figura 34.

PREGUNTA 6. Forma i mida. A més, també m'agradaria saber la vostra opinió sobre aquesta propietat organolèptica (forma i mida). Així mateix, qualsevol aportació pot ser important per a la millora del producte.

1. Hamburguesa A menys compacta.
2. Les dues hamburgueses tenen pràcticament les mateixes mida i forma.
3. Les dues tenen una forma molt semblant, rodona i uniforme i una mida també molt igual.
4. Forma i mida correctes, falta arrodonir un punt més per semblar aparentment igual a la de carn.
5. Totes dues tenen un color i mida perfectes.
6. L'hamburguesa A tenia un costat més aixafat.
7. En els dos casos l'hamburguesa té una mida estàndard, amb la seva forma circular i amb un gruix adequat per ser una hamburguesa normal.
8. La forma i la mida de l'hamburguesa vegetal, per a mi la A, són idèntiques a una hamburguesa de carn tradicional.
9. Des del meu punt de vista, considero que la forma i la mida de l'hamburguesa vegetal s'assimilen força a la de carn, encara que crec que la consistència de la vegetal es podia millorar.
10. Forma i mida res a envejar a una hamburguesa de bou.
11. Correcte.
12. La forma molt igual i la A una mica més gran i no tan compacta.
13. Tenen formes idèntiques.
14. Les dues tenen la mida semblant. No es poden diferenciar.
15. Les dues estan molt ben encertades, tenen pràcticament la mateixa mida i forma.

PREGUNTA 7. Color. A més, també m'agradaria saber la vostra opinió sobre aquesta propietat organolèptica (color). Així mateix, qualsevol aportació pot ser important per a la millora del producte.

1. L'hamburguesa A té el mateix color que una hamburguesa de bou. L'interior de l'hamburguesa A té un color vermellós com el d'una hamburguesa de bou.

2. No opinió.
3. El color de les dues és idèntic.
4. La A entra més pels ulls.
5. Molt ben encertat. Si no tingués la de carn al costat, no sabria que és vegetal.
6. Molt semblant.
7. El color és una de les principals diferències, la A té un color més vermellós que la fa diferent de la B, ja que té un color més apagat.
8. Crec que el color en els dos casos és correcte. El que sí que he notat és que l'hamburguesa A per l'exterior té un toc més marronós que la B, però per l'interior les dues estan perfectes.
9. Tenen el color molt semblant.
10. El color rosat de A ha fet decantar la resposta.
11. El color de l'hamburguesa vegetal, per a mi la A, és idèntic a una hamburguesa tradicional de carn.
12. El color està molt ben reeixit, tinc bastants dubtes sobre quina és quina.
13. Una té un color més torrat que l'altra, però les dues tenen bons colors.
14. L'hamburguesa B tenia color més fosc i apagat que l'A, que tenia un color més daurat.
15. Sincerament del color de l'hamburguesa vegetal crec que no es podria assemblar més al de la carn, per fora és marronosa i per dins com si fos una de vedella però poc feta o al punt. Cap punt a discutir.

PREGUNTA 8. Olor. A més, també m'agradaria saber la vostra opinió sobre aquesta propietat organolèptica (olor). Així mateix, qualsevol aportació pot ser important per a la millora del producte.

1. L'olor de la A no m'és tan coneguda, però no m'és desagradable, ans al contrari.
2. Olor típica de l'hamburguesa.
3. L'olor de A no és tan coneguda.
4. La part on es veu més diferència amb l'hamburguesa de carn.
5. Olor hamburguesa A massa forta.

6. Les dues hamburgueses tenen olors molt similars, tot i que l'A fa una olor una mica més forta.
7. Crec que l'olor de l'hamburguesa vegetal no pot ser millor, ja que fa olor, és calr, a verdura. Però així i tot noto que és una olor que no impacta gaire, queda camuflada i això és un punt a favor.
8. La B no sento tant l'olor i la A sí, però no sé dir de què fa olor.
9. Hi ha una mica de diferència en l'olor, però l'he hagut d'olorar uns quants cops per veure-ho.
10. Cal destacar que l'olor és el punt amb més diferència entre les dues hamburgueses. L'hamburguesa B té una olor de carn, però la A té una olor diferent del que s'entén com a olor de la carn. No és mala olor, però sí que diferent.
11. Menys intens el de la A.
12. L'hamburguesa A té una olor més especiada i més daurada que la B.
13. L'olor de la A és més forta que el de la B.
14. A la A li falta la fortor de la carn.
15. L'olor de l'hamburguesa vegetal, la A, no és gens diferent d'una hamburguesa de carn tradicional.

PREGUNTA 9. Gust. A més, també m'agradaria saber la vostra opinió sobre aquesta propietat organolèptica (gust). Així mateix, qualsevol aportació pot ser important per a la millora del producte.

1. En creure que la A és la vegetal, sí que li he notat un gust una mica diferent amb comparació a la B. Però crec que és un gust molt ben encertat i que s'acosta molt a la carn. Crec que a la A li faltaria un punt més salat per arribar a un millor gust de la carn.
2. M'ha semblat més bo el gust de l'hamburguesa B. A l'hamburguesa A li faltava una mica de gust.
3. No estic acostumada al gust de A.
4. Molt bona. Bona feina Marc.
5. Hamburguesa A és més farinosa i fada que l'hamburguesa B.
6. L'hamburguesa A m'ha faltat una mica de sal.

7. El gust de l'A és més intens i la B dura menys en paladar.
8. Crec que és l'apartat més ben trobat, no es nota diferència.
9. Tot i tenir un aspecte força similar, el gust ha sigut determinant per determinar quina era quina. Crec que el sabor de la vegetal té un gust més intens cosa que no em desagrada, però si el que es busca és no descobrir quina és quina, s'hauria d'intentar abaixar la potència de sabor de la vegetal.
10. El gust de la B és més uniforme.
11. La B és més saborosa (Greix).
12. La A no té la picantor de la B.
13. El gust de l'hamburguesa A, la vegetal, és una mica diferent d'una hamburguesa tradicional, és més dolça i més suau.
14. L'hamburguesa A té un gust una mica més farinós que la B.
15. Són gustos diferents, a mi personalment m'agrada molt la carn i no havia menjat mai una hamburguesa vegetal. Poso la mateixa puntuació, ja que l'hamburguesa A m'ha sorprès molt positivament.

PREGUNTA 10. Textura. A més, també m'agradaria saber la vostra opinió sobre aquesta propietat organolèptica (textura). Així mateix, qualsevol aportació pot ser important per a la millora del producte.

1. La textura de l'hamburguesa vegetal, la A, és una mica diferent de l'hamburguesa de carn. Com que no porta cap mena d'additius, en tallar-la, no és tan consistent. Això també passa amb les hamburgueses de verdures.
2. L'hamburguesa A se separa o desmesura a la primera queixalada, la B és més consistent però de molt mastegar.
3. La B té la textura més lligada.
4. Crec que la textura juntament amb l'olor són els dos punts més diferenciables. L'hamburguesa B és més consistent i en mossegar-la, tens aquella sensació de carn; en canvi, la A crec que està bastant ben trobada, però en mossegar-la es nota més pastosa i es desintegra més fàcilment.
5. La A es desfà més.
6. Personalment m'agrada més la textura de l'hamburguesa A perquè no és tan amassada com hamburguesa B.

7. L'hamburguesa B té una textura més consistent, la A tot i tenir una textura molt semblant és una mica menys consistent i s'esmicola més.
8. A l'hamburguesa A li faltava una mica de consistència.
9. L'hamburguesa A es desfà una mica més que la B.
10. Realment les trobo igual.
11. Semblant. Menys compacta la A.
12. La A és menys compacta i es desfà més fàcilment.
13. A l''hamburguesa A m'ha faltat que la carn fos una mica compacta.
14. Hamburguesa consistent i compacta.
15. Crec que a l'hamburguesa vegetal la textura és força bona, encara que un cop a la boca és com que la consistència que té podria ser millor, imitant o igualant la de vedella.

PREGUNTA 11. Per concloure, m'agradaria saber la vostra opinió general de les dues hamburgueses. Així mateix, també podeu fer qualsevol aportació que considereu oportuna.

1. Encara que crec que he diferenciat correctament la vegetal, m'agradaria dir que està molt ben trobada i com a persona a qui agrada molt la carn m'ha sorprès positivament el resultat d'aquesta. Com ja he dit, l'olor i la textura són els punts més diferenciables, però que igualment estan molt ben encertats.
2. A mi m'han agradat les dues. La de carn tradicional, perquè ja la conec. La vegetal l'he trobada molt ben trobada i una molt bona opció per a un menjar més saludable i sostenible. Una bona experiència!
3. En general, l'A m'ha agradat potser una mica més que la B, tot i que les dues són bones, em quedo amb l'A perquè sóc un amant de les espècies i en general, m'han agradat més coses de l'A que de la B.
4. Estan molt bé, quan les he vist pensava que es notaria clarament la diferència al gust, però m'ha sorprès completament, potser en la propietat del gust és en el que més s'assemblen.
5. Sincerament, crec que l'hamburguesa vegetal està força ben aconseguida en tots els aspectes. Sincerament, no m'ha calgut posar-hi acompanyament perquè ja era bona per si sola.

6. Hamburguesa A, ben aconseguida en general. Gust, forma, color i consistència. L'olor de les hamburgueses és el que he trobat més diferència entre les dues.
7. Les dues hamburgueses m'han semblat de bona qualitat i de bon gust per menjar, tot i que a l'hamburguesa A li ha faltat ser una mica més compacta.
8. Tot i no ser una persona vegana, no m'importaria comprar-la, ja que l'hamburguesa A amb acompanyament és millor i més bona que l'hamburguesa B.
9. Penso que el gust és el que diferencia la quantitat de carn que hi ha en una o a l'altra. Penso que hi ha més carn a la B que a la A.
10. Per a gent que defugi la carn, l'opció A em sembla un bon substitutiu. A la meva edat, no és el cas.
11. L'hamburguesa A està molt ben assolida. Crec que es pot comercialitzar i pot tenir molt d'èxit.
12. Totes dues són bones per al meu gust. Me les menjaria totes dues sense recança.
13. M'ha sorprès molt l'hamburguesa A perquè té molts aspectes semblants a la B.
14. Si bé es nota la diferència, les dues són bones.
15. El gust és el que les diferencia.

ANNEX 3. Informació de l'enquesta de producció massiva de carn

Aquest apartat dels annexos fa referència a tota la informació continguda en l'enquesta resposta per 318 persones. Les dades més importants d'aquesta enquesta han estat expressades en el cos del treball. Per tant, en aquest apartat s'expressa la informació en forma de preguntes i els gràfics corresponents.

PREGUNTA 1. Quina edat tens?

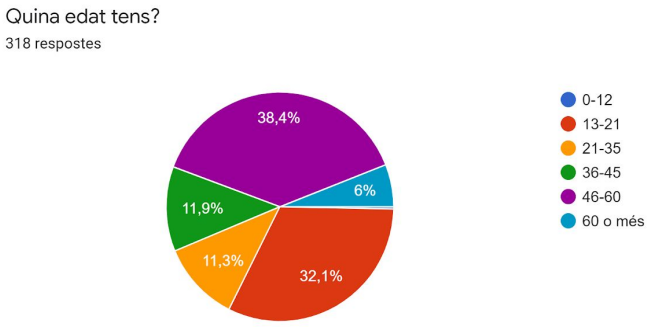


Figura 35.

PREGUNTA 2. Quants cops consumeixes carn al llarg de la setmana?

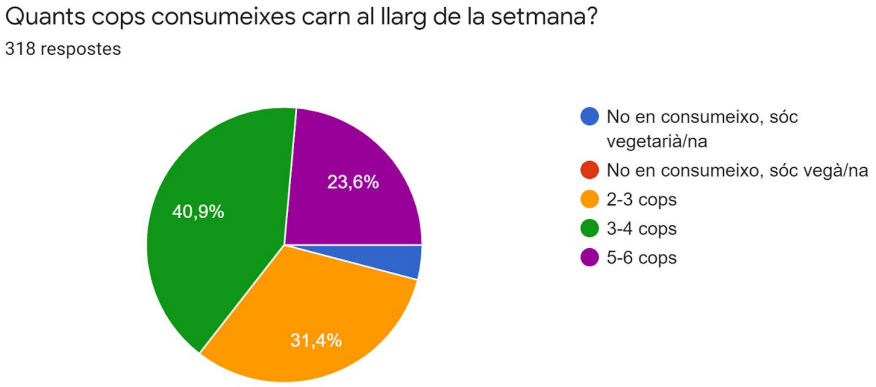


Figura 36.

PREGUNTA 3, PREGUNTA 4 i PREGUNTA 5. Aquestes preguntes estan analitzades exhaustivament en el cos del treball.

PREGUNTA 6. Quin creus que és el percentatge d'emissió de CO_2 del sector ramader en el global de totes les activitats humanes? Dada: 2007.

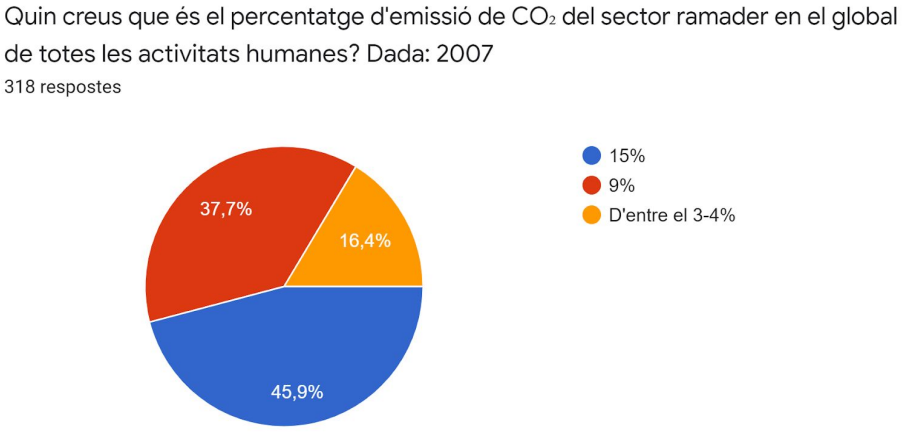


Figura 37.

PREGUNTA 7. Creus que la totalitat de l'agricultura animal produeix menys gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera que tots els cotxes, trens, vaixells i avions, tots ells combinats?

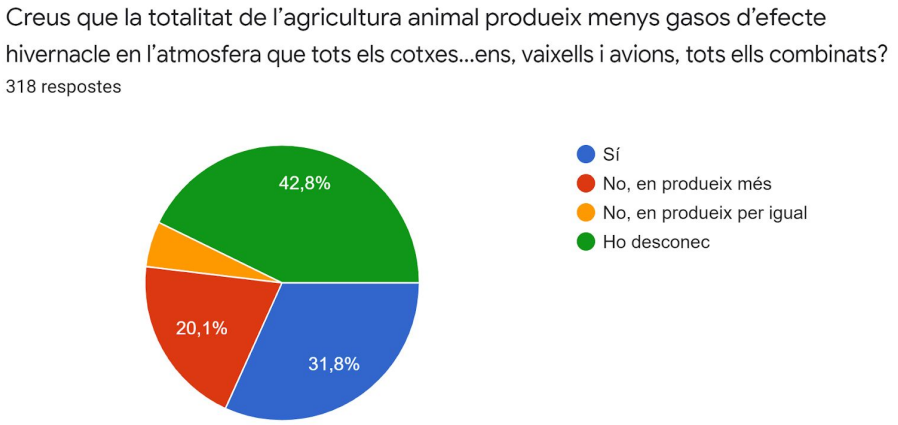


Figura 38.

PREGUNTA 8. A més, aquesta contaminació es veu reflectida en un conjunt de dades que mostren el percentatge de gasos d'efecte hivernacle que es produeixen. De les següents, quines creus que són les dades completament reals? Dades: 2007.

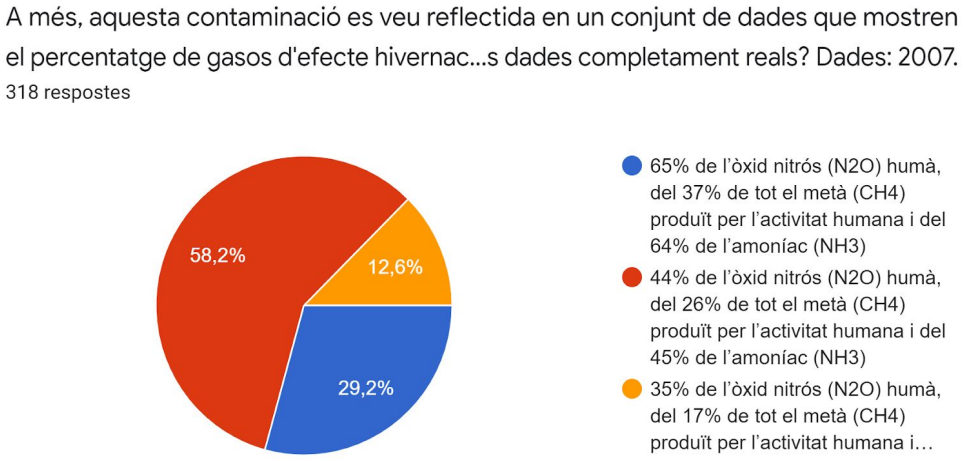


Figura 39.

PREGUNTA 9. D'altra banda, per a produir carn també es necessita aigua. Així mateix, ara es fa referència a la despesa d'aigua per a produir 1 quilogram (kg) de carn bovina, la carn en què es basa el meu treball. D'aquesta forma, quants litres (L) d'aigua creus que es necessiten per a produir 1 quilogram (kg) de carn bovina?

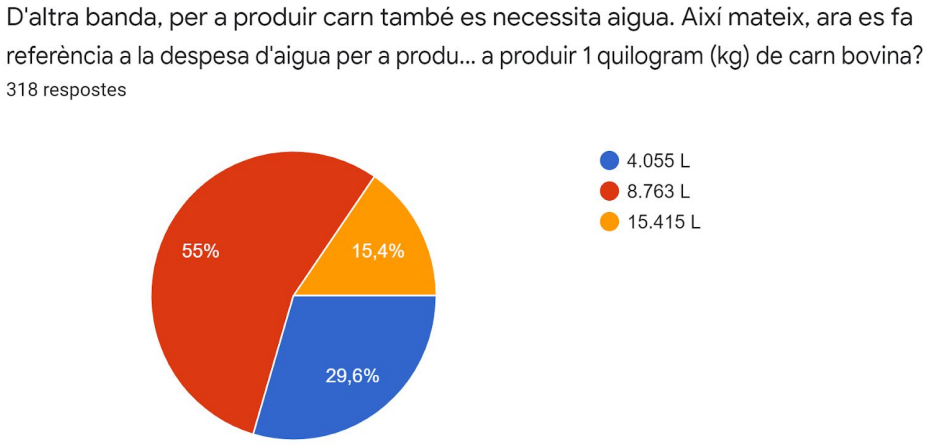


Figura 40.

PREGUNTA 10. Tanmateix, el consum excessiu de carn té com a conseqüència un ús massiu d'antibiòtics en aquest sector, produint el desenvolupament de resistència per part dels bacteris a aquests medicaments. Quin creus que serà el nombre de víctimes mortals a causa d'aquest problema a mitjan segle XXI?

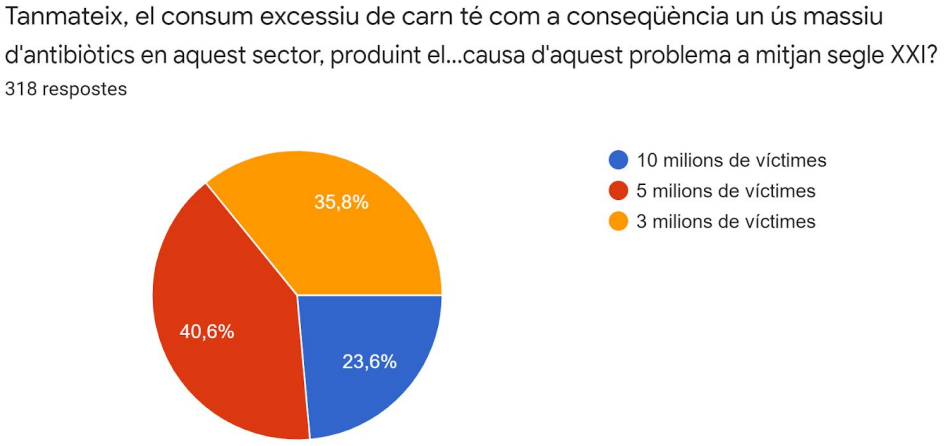


Figura 41.

ANNEX 4. Expressió genètica. Procediment teòric de la síntesi del tripèptid de leghemoglobina

L'expressió genètica consisteix en la descodificació d'un missatge determinat d'ADN [111] per a poder construir i formar una proteïna determinada. D'aquesta manera, aquest procés es basa en la hipòtesi de la col·linearitat, proposada per Crick. En

[111] Àcid desoxiribonucleic.

aquesta hipòtesi s'estableix una relació entre la seqüència de nucleòtids del gen determinat i la seqüència d'aminoàcids de la proteïna que el gen codifica.
D'altra banda, per a poder dur a terme aquest procés i obtenir la proteïna s'han de seguir tres passos concrets. Primer de tot, s'ha de començar amb el procés de transcripció, en què es produeix el pas de la informació de l'ADN a ARN*m*[112]. Seguidament, es fa la traducció, el pas de la informació de l'ARN*m* a la síntesi de la proteïna que busquem. En aquest cas, el resultat final seria el tripèptid que tenim intenció de sintetitzar.

Per tant, tot seguit hi ha una taula en què podem apreciar la relació que hi ha entre els tres aminoàcids de leghemoglobina que volem sintetitzar amb els nucleòtids corresponents a l'ADN de doble cadena (ADN transcrita i ADN complementària), a l'ARN*m* i a l'anticodó de l'ARN*t*.

D'aquesta manera, es pot saber la variació de nucleòtids que es poden utilitzar per a poder sintetitzar cada aminoàcid. Així mateix, es podran seleccionar més fàcilment aquells convenients per a posar-los al plasmidi, i més tard, al nucli de la cèl·lula. Seguidament, es duran a terme els processos de transcripció, traducció i el de regulació. D'aquesta manera, s'obté el tripèptid.

Aquesta relació és possible gràcies a la clau genètica, és a dir, la relació que hi ha entre la seqüència de nucleòtids i la seqüència d'aminoàcids. En general, la clau genètica consta de 64 codons, cadascun dels quals fa referència a l'aminoàcid que codifiquen.

[112] Àcid ribonucleic missatger.

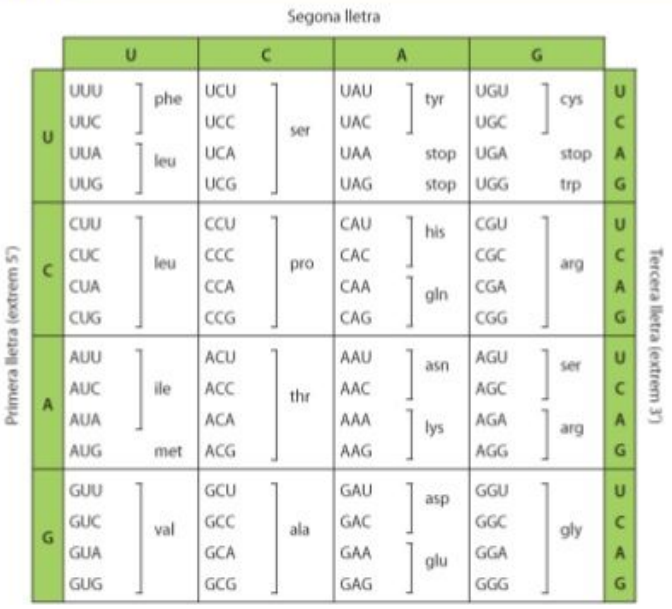


Figura 42. Clau genètica.[113]

Així mateix, els aminoàcids que volem sintetitzar són: Asparagina (Asn), Prolina (Pro) i Lisina (Lys). D'aquesta manera, en la taula següent es pot apreciar la relació d'aquests aminoàcids amb els nucleòtids d'ADN i d'ARN.

Asn	Pro	Lys	aminoàcid
TTA TTG	GGA GGG GGT GGC	TTT TTC	ADN (transcrita)
AAT AAC	CCT CCC CCA CCG	AAA AAG	ADN (complementària/ codificant)
AAU AAC	CCU CCC CCA	AAA AAG	ARN*m*

[113] Imatge extreta de https://www.slideshare.net/HolaSoyYo1/pizarra-1bio-grup10

	CCG		
UUA UUG	GGA GGG GGU GGC	UUU UUC	anticodó ARN*t*

Com s'ha dit anteriorment, per a sintetitzar una proteïna -en aquest cas un tripèptid- és necessari passar, principalment per dos processos completament diferents, però que estan molt relacionats entre si.

TRANSCRIPCIÓ

El primer procés s'anomena transcripció i té lloc en el nucli de les cèl·lules eucariotes i procariotes. En aquest cas, s'ha de centrar l'atenció a les cèl·lules eucariotes, ja que estem estudiant una proteïna produïda per un organisme eucariòtic. Seguidament, es farà l'explicació general d'aquest procés.

Primer de tot, cal saber que es poden sintetitzar diferents tipus d'ARN, però principalment se sintetitza l'ARN*m*. Per tant, s'haurà d'utilitzar l'ARN-polimerasa específic per a aquest tipus d'ARN. Abans, cal tenir en compte que l'ARN*m* del qual s'està parlant s'obté a partir de la informació continguda en determinades seqüències de l'ADN anomenades gens, regions codificants, és a dir, que aporten informació. Així mateix, la seqüència d'ADN que conté el gen i que serà utilitzada per a produir l'ARN*m* s'anomena cadena motlle. D'altra banda, la cadena complementària -la que no es copia- s'anomena cadena codificant, és a dir, la que aporta la informació.[114]

En segona instància, per a la síntesi d'ARN*m* es distingeixen les etapes següents:[115]

[114] Transcripción en células eucariotas. Youtube. Estela BioMicro. 16/10/18. https://www.youtube.com/watch?v=cRux0Ed8uTc
[115] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 1r de batxillerat.

- Iniciació. A la regió de l'ADN anomenada promotor és on es comença la transcripció. En aquesta regió es fixa l'ARN-polimerasa II, que consta de dos senyals anomenats seqüències de consens: la CAAT i la TATA. A més, l'ARN-polimerasa II és la que obre la doble cadena d'ADN i permet l'accés de l'expressió del gen. Així mateix, perquè es pugui produir la fixació de l'ARN-polimerasa II, primer de tot s'han de fixar unes proteïnes anomenades factors de transcripció. Finalment, el promotor no es transcriu i la transcripció comença en l'inici del gen.

- Elongació o allargament. El procés de síntesi continua en sentit 5' → 3'. En aquesta fase, l'ARN polimerasa II és l'encarregada de llegir la informació de la cadena motlle d'ADN i de construir una cadena d'ARN complementària a partir de la unió dels ribonucleòtids trifosfat. A més, les bases complementàries s'ajunten a la posició 3' de la nova cadena i en produeixen l'allargament. Les bases complementàries s'uneixen entre elles de diferent manera. Les bases uracil i adenina s'uneixen a partir de dos enllaços d'hidrogen; en canvi, les bases citosina i guanina s'uneixen a partir de tres enllaços d'hidrogen. A més, en aquesta fase, l'ARN polimerasa II uneix els ribonucleòtids trifosfat mitjançant enllaços fosfodièster.[116]

- Finalització. Quan s'arriba a la seqüència TTATTT de l'ADN, es finalitza la síntesi de l'ARN*m*. D'aquesta forma, la seqüència separa l'ARN polimerasa II, la cadena d'ADN i l'ARN*m*, d'entre ells.

- Maduració. Aquesta és la darrera fase de la transcripció i també es produeix al nucli. Fins a aquesta fase s'havia obtingut l'estructura d'un *pre*ARN*m*, però aquesta s'ha d'acabar de modificar. D'aquesta manera, durant el procés de transcripció la nova cadena d'ARN*m* conté regions amb informació anomenades exons i regions sense informació anomenades introns, les quals han de ser suprimides. Aquest procés es duu a terme gràcies a

[116] Etapas de la transcripción. Khan Academy.
https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/stages-of-transcription
Síntesis de las proteínas en el núcleo (transcripción y traducción). Cátedra de Biología. 14/02/14.
http://biologiachalacoronald.blogspot.com/2014/02/sintesis-de-las-proteinas-en-el-nucleo.html

l'espliceosoma, una estructura semblant a la mida d'un ribosoma formada principalment per diverses ARN*pn*[117]. Aquesta estructura separa els introns i uneix els exons per a produir un ARN*m* madur, d'una mida més reduïda.[118]

A més, durant aquestes etapes també hi ha la fixació de diferents estructures en la cadena d'ARN*m*. Una d'aquestes es produeix a l'extrem 5' i és l'addició d'una caputxa de 7'-metil-guanosina-trifosfat invertida (m^7 Gppp_…). A més, l'altra modificació es produeix a l'extrem 3'. Aquesta consisteix en l'addició de la cua de poli-A que afegeix a l'extrem 3' un segment d'uns 200 ribonucleòtids d'adenina. En aquesta modificació hi intervé l'enzim poli-A-polimerasa.

Aquestes modificacions són clau per evitar les diferents accions que duen a terme les nucleases. De totes maneres, la caputxa afegida a l'extrem 5' és necessària perquè l'ARN*m* sigui reconegut pels ribosomes i es pugui començar el procés de traducció.[119]

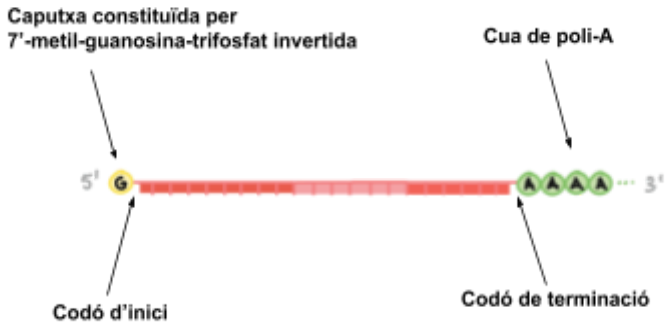


Figura 43. Cadena ARN*m*.[120]

Un cop estudiat el primer procés, anomenat transcripció, és interessant conèixer i estudiar aquest mateix procés, però fent referència al cas que s'està estudiant.

El procés de transcripció en el cas del tripèptid de leghemoglobina tindrà els mateixos passos. D'altra banda, s'haurà de tenir en compte la clau genètica que

[117] Ribonucleoproteïna petita nuclear
[118] Procesamiento de pre-ARNm eucarionte. Khan Academy. https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/eukaryotic-pre-mrna-processing
[119] Transcripción en células eucariotas. Youtube. Estela BioMicro. 16/10/18. https://www.youtube.com/watch?v=cRux0Ed8uTc
[120] Imatge extreta i adaptada de https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/eukaryotic-pre-mrna-processing

possibilita la resolució d'aquest procés. Aquest pas s'ha fet anteriorment, en el qual s'ha pogut passar de cadascun dels aminoàcids a les seqüències d'ADN corresponents. Per tant, aquesta conversió serà molt útil a l'hora de citar els nucleòtids d'ADN que seran utilitzats per passar a ARN*m*.

Així mateix, els passos a seguir són els mateixos que han sigut citats en el procés de transcripció general.

Primer de tot, la iniciació comença amb la fixació d'unes proteïnes anomenades factors de transcripció a la regió d'ADN anomenada promotor. Seguidament, en aquesta regió es fixa l'ARN-polimerasa II, el qual consta de dos senyals anomenats senyals de consens: la CAAT i la TATA.

Posteriorment, comença l'elongació. En aquesta etapa continua el procés de síntesi de 5' → 3'. D'aquesta manera, en aquest cas particular hi poden haver diverses variacions pel que fa a la síntesi de la cadena d'ARN*m*, a causa de la variació en les agrupacions de nucleòtids que fan referència a cada aminoàcid. En tot cas, la síntesi s'allargarà fins a un total de nou nucleòtids, la qual cosa farà possible un gran nombre de tipus diferents de seqüències.

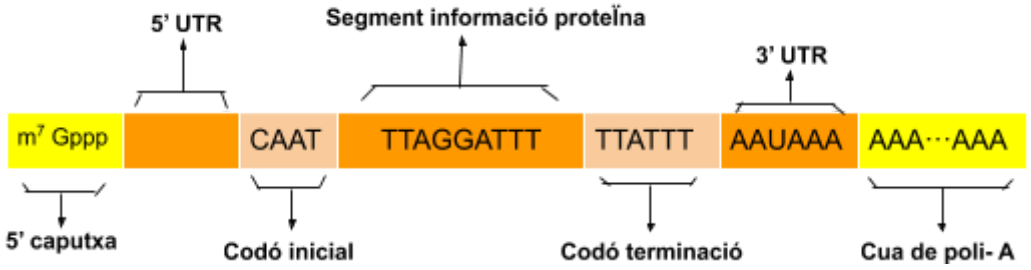
La finalització de la síntesi de l'ARN*m* que conté la informació per a sintetitzar el tripèptid es produeix quan arriba a la seqüència TTATTT de l'ADN.
Per acabar, es produeix la maduració, etapa que es duu a terme gràcies a l'espliceosoma -comentat anteriorment-. Aquesta estructura separa els introns i uneix els exons per a produir un ARN*m* madur, d'una mida més reduïda.

A més, per evitar les diferents accions que fan les nucleases sobre la cadena d'ARN*m* amb informació del tripèptid és necessari afegir la cua de poli-A a l'extrem 3'. D'altra banda, l'addició de la caputxa a l'extrem 5' és fonamental perquè els ribosomes puguin reconèixer la cadena d'ARN*m* i posteriorment, dur a terme el procés de traducció.

Com s'ha citat anteriorment, hi poden haver diversos tipus diferents d'ARN*m* segons l'elecció de les combinacions de nucleòtids duta a terme anteriorment a partir de la clau genètica. D'aquesta manera, hi ha setze opcions diferents d'ARN*m*, cadascuna

de les quals consta de dues més a causa de l'elecció del primer (CAAT) o el segon (TATA) codó inicial.

Opció 1:



[121] [122]

m7 Gppp		TATA	TTAGGATTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 2:

m7 Gppp		CAAT	TTAGGGTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m7 Gppp		TATA	TTAGGGTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 3:

m7 Gppp		CAAT	TTAGGTTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m7 Gppp		TATA	TTAGGTTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 4:

m7 Gppp		CAAT	TTAGGCTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m7 Gppp		TATA	TTAGGTTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

[121] Les seqüències 5' UTR (seqüència líder) i 3' UTR (seqüència tràiler) són seqüències que no es traduiran a proteïnes. D'altra banda, aquestes seqüències són necessàries per a la unió de l'ARN*m* amb els ribosomes.

[122] En aquesta cadena d'ARN*m* es poden apreciar les diferents parts. Aquestes parts no seran escrites en les següents cadenes d'ARN*m*, ja que són totalment iguals.

Opció 5:

m^7 Gppp		CAAT	TTAGGATTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA
m^7 Gppp		TATA	TTAGGATTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 6:

m^7 Gppp		CAAT	TTAGGGTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA
m^7 Gppp		TATA	TTAGGGTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 7:

m^7 Gppp		CAAT	TTAGGTTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA
m^7 Gppp		TATA	TTAGGTTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 8:

m^7 Gppp		CAAT	TTAGGCTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA
m^7 Gppp		TATA	TTAGGCTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 9:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGATTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA
m^7 Gppp		TATA	TTGGGATTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 10:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGGTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGGTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 11:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGTTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGTTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 12:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGCTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGCTTT	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 13:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGATTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGATTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 14:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGGTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGGTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 15:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGTTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGTTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

Opció 16:

m^7 Gppp		CAAT	TTGGGCTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

m^7 Gppp		TATA	TTGGGCTTC	TTATTT	AAUAAA	AAA···AAA

TRADUCCIÓ

Seguidament, un cop fet el procés de transcripció és imprescindible fer la traducció, és a dir, la síntesi de la proteïna. Aquest procés es du a terme en els ribosomes de les cèl·lules eucariotes.

Primer de tot, per entendre correctament el procés de traducció cal entendre la manera en què els aminoàcids es converteixen en molècules imprescindibles. Els aminoàcids, com ha estat citat anteriorment, són necessaris en la síntesi de les proteïnes. És per aquesta raó que aquestes molècules s'uneixen a l'ARN*t* a partir de l'enzim aminoacil-ARN*t*-sintetasa i d'ATP. D'aquesta manera, es dona lloc a un aminoacil-ARN*t*, que més endavant serà transportat als ribosomes, on es produirà la traducció.[123]

La traducció es divideix en tres fases diferenciades:[124]

- Iniciació. Primerament, és necessari saber que la traducció es produeix en els ribosomes i que aquests estan dividits en dues parts: subunitat gran i subunitat petita. Per tant, en l'inici d'aquesta fase l'ARN*m* s'uneix a la subunitat petita del ribosoma gràcies al codó d'iniciació (AUG). En aquest codó s'hi uneix un aminoacil-ARN*t* específic que fa d'iniciador. Aquest aminoacil-ARN*t* presenta l'anticodó UAC, corresponent a l'aminoàcid metionina. Un cop s'ha unit l'aminoacil-ARN*t* iniciador amb el codó d'iniciació, la subunitat gran del ribosoma s'uneix per formar el complex ribosòmic.

[123] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 1r de batxillerat.
[124] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 1r de batxillerat.

- Elongació. En el complex ribosòmic hi ha tres parts: el centre peptidil o centre P -s'hi situa el primer aminoacil-ARN*t*-, el centre acceptor o centre A -s'hi situen els aminoacils-ARN*t* següents- i, el centre de sortida o centre E. S'hi situa l'ARN*t* sense aminoàcid. Seguidament, en aquesta fase els aminoàcids són transportats, individualment, a partir de l'ARN*t*. Així mateix, els aminoàcids són transportats fins a la seqüència de l'ARN*m*, en què es produeix la unió de bases complementàries a partir dels codons -seqüència ARN*m*- i els anticodons -aminoacil-ARN*t* de l'aminoàcid específic-. El segon aminoàcid -és a dir, el primer després de la metionina- és acompanyat pel seu ARN*t* corresponent, que l'acompanya al centre A. Seguidament, l'enzim peptidiltransferasa produeix una unió entre els dos aminoàcids, és a dir, entre la metionina i el següent aminoàcid. Posteriorment, per poder unir un tercer aminoàcid, codificat en el següent codó, els dos aminoàcids es mouen un lloc cap a l'esquerra. Per tant, la metionina queda a fora del ribosoma, però segueix unida al segon aminoàcid que està al centre P. D'aquesta manera, queda lliure el centre A, on s'unirà el tercer aminoàcid, transportat anteriorment per l'aminoacil-ARN*t* específic. A més, l'enzim peptidiltransferasa produeix una unió entre el segon i el tercer aminoàcid. Finalment, aquest procés es va repetint fins a arribar a la fase de finalització. [125]

- Finalització. El final de la síntesi de la proteïna ve determinat pels codons STOP. Existeixen tres tipus diferents de codons capaços d'acabar amb la síntesi de la proteïna: UAA, UAG i UGA. Un cop el procés ha acabat, el complex ribosòmic se separa completament.

[125] Síntesis de las proteínas en el núcleo (transcripción y traducción). Cátedra de Biología. 14/02/14. http://biologiachalacoronald.blogspot.com/2014/02/sintesis-de-las-proteinas-en-el-nucleo.html

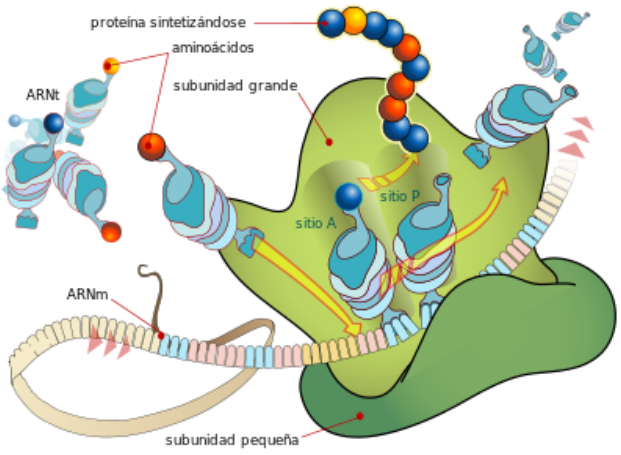


Figura 44. Complex ribosòmic.[126]

Aquest és el procés general de la traducció. D'altra banda, per a poder sintetitzar el tripèptid de leghemoglobina cal realitzar el procés amb els nucleòtids corresponents.

Primerament, la fase d'iniciació és completament la mateixa que en el procés general. D'aquesta manera, com s'ha dit anteriorment, l'element essencial per a començar la traducció és el codó d'iniciació proporcionat principalment per a l'ARN*m*. A més, aquest fa referència a l'aminoàcid metionina, que és transportat per l'ARN*t*, formant l'aminoacil-ARN*t*.

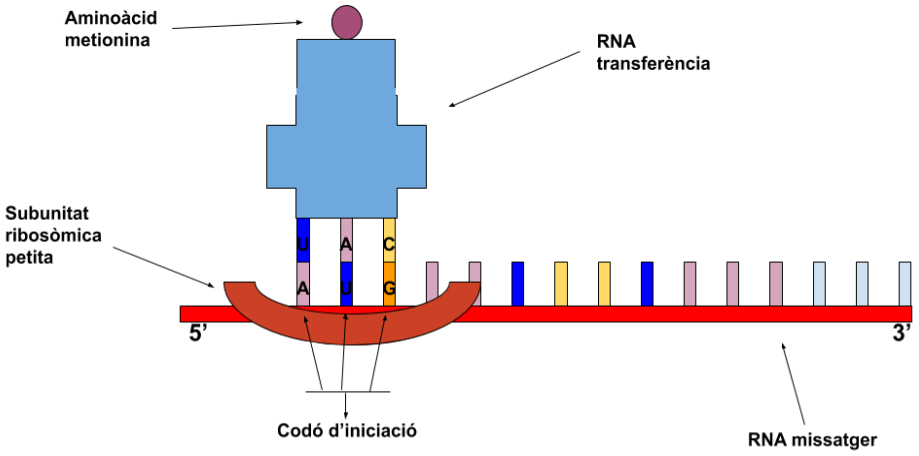
Seguidament, es produeix la fase d'elongació. Aquesta fase és idèntica al procés general, però s'ha d'adaptar amb els aminoàcids i nucleòtids que s'han d'utilitzar per a sintetitzar el tripèptid. Primer de tot, l'aminoàcid metionina és transportat fins al centre P per l'aminoacil-ARN*t* corresponent. Això es produeix perquè l'ARN*m* s'estableix a la subunitat petita del ribosoma i estableix els codons, complementaris als anticodons proporcionats pels aminoacils-ARN*t*. D'aquesta manera, el primer triplet de codons s'anomena codó d'iniciació (AUG) i és complementari a l'anticodó (UAC) i, correspon a l'aminoàcid metionina. Posteriorment, un aminoacil-ARN*t* -completament diferent- transporta l'aminoàcid asparagina -primer aminoàcid del tripèptid de leghemoglobina- fins al centre A dels ribosomes. En aquest orgànul l'ARN*t* se separa i l'aminoàcid se situa al centre A, a causa de la informació codificada pel codó corresponent a l'ARN*m*, l'anticodó -proporcionat per l'aminoacil-ARN*t* de l'aminoàcid asparagina- s'hi pot unir. Seguidament, s'estableix

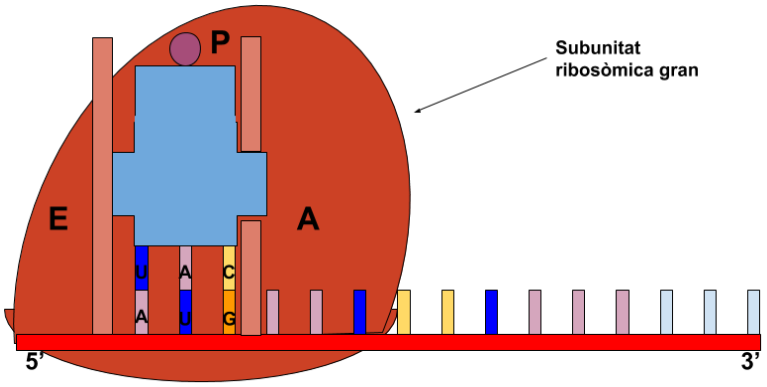
[126] Imatge extreta i adaptada de https://www.wikiwand.com/ca/Ribosoma.

una unió entre l'aminoàcid metionina i l'asparagina. Posteriorment, per possibilitar la unió de l'aminoàcid prolina -tercer aminoàcid, però segon aminoàcid del tripèptid- amb la informació codificada en el següent codó, els aminoàcids metionina i asparagina es desplacen un lloc cap a l'esquerra. Per tant, la metionina queda fora del ribosoma, però segueix unida a l'asparagina, que se situa al centre P. D'aquesta manera, queda lliure el centre A, on s'unirà l'aminoàcid prolina, transportat anteriorment per l'aminoacil-ARN*t* específic. Així mateix, es produirà una unió entre l'aminoàcid asparagina i la prolina. Seguidament, es realitzarà el procés un darrer cop. L'asparagina se situarà fora del ribosoma, la prolina al centre P i l'aminoàcid lisina al centre A -a causa de la compenetració entre el codó de l'ARN*m* i l'anticodó de l'aminoacil-ARN*t* corresponent a l'aminoàcid lisina-. Finalment, s'establirà una unió entre els dos darrers aminoàcids, és a dir, entre la prolina i la lisina.

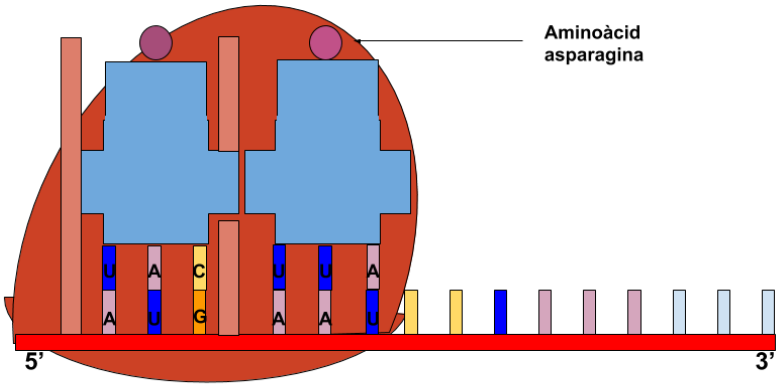
Per acabar, es produeix la fase de finalització. Com en el procés general, el final de la síntesi ve determinat per l'aparició d'un dels tres codons STOP -UAA, UAG i UGA-. Finalment, es produeix la dissociació del complex ribosòmic.

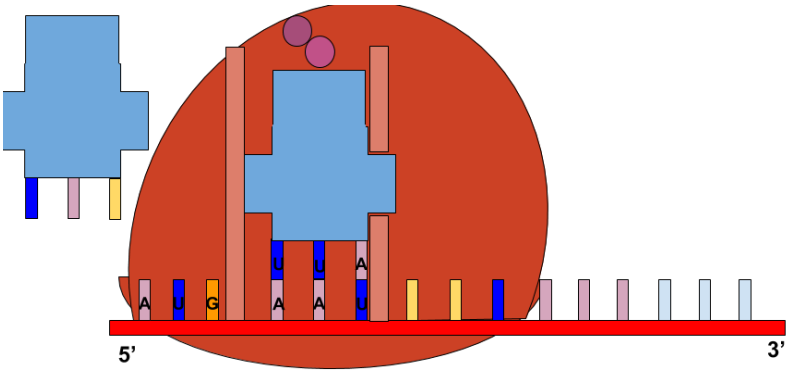
Seguidament, hi ha un esquema referent al procés de traducció en el cas de la síntesi del tripèptid de leghemoglobina. En aquest cas, les múltiples opcions per a cada aminoàcid fan que hi hagi una elecció, a l'atzar, d'una seqüència per a cadascun. Per tant, per a l'aminoàcid asparagina s'utilitzarà: AAU; per a la prolina, CCU; i per a la lisina, AAA. Conseqüentment, els anticodons corresponents seran: per l'asparagina, UUA; per a la prolina, GGA i per a la lisina, UUU.
A més, s'utilitzarà el codó STOP següent: UAA.

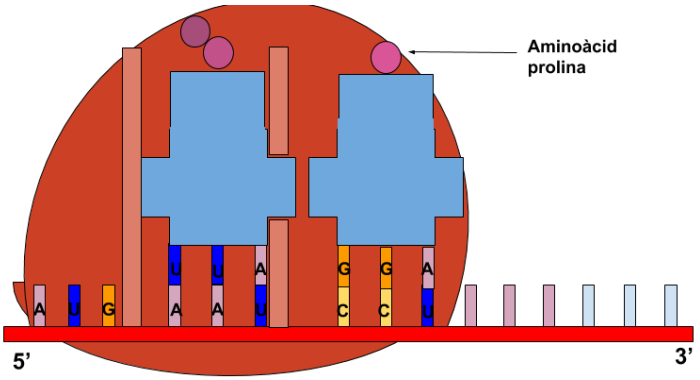


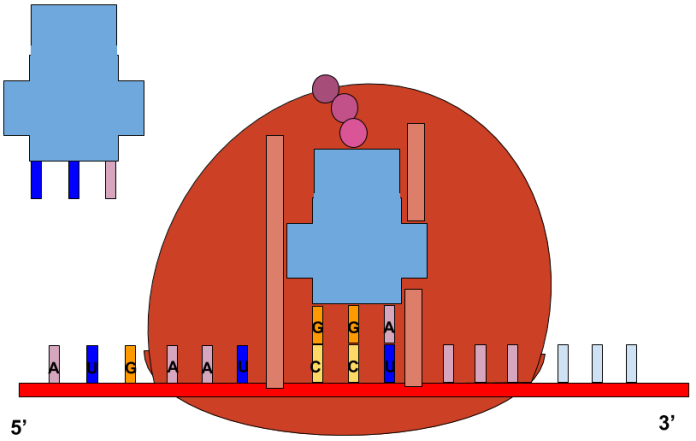


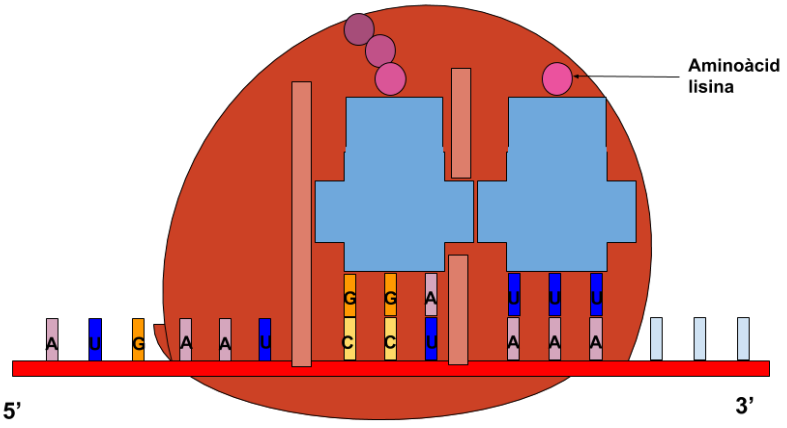
Figures 45 i 46. Procés d'iniciació.

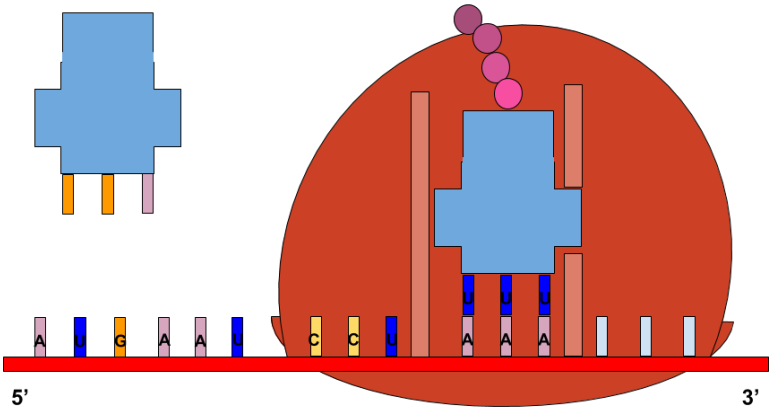



U U A
A U G A A U
5'
3'

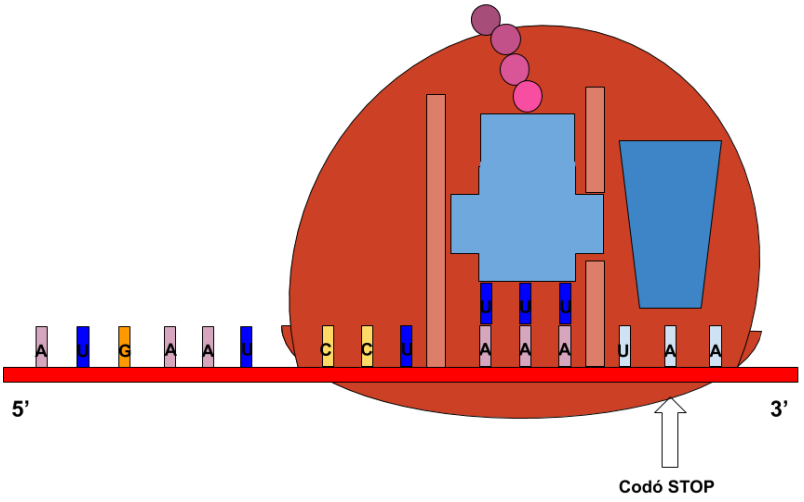

Aminoàcid
prolina
U U A G G A
A U G A A U C C U
5'
3'

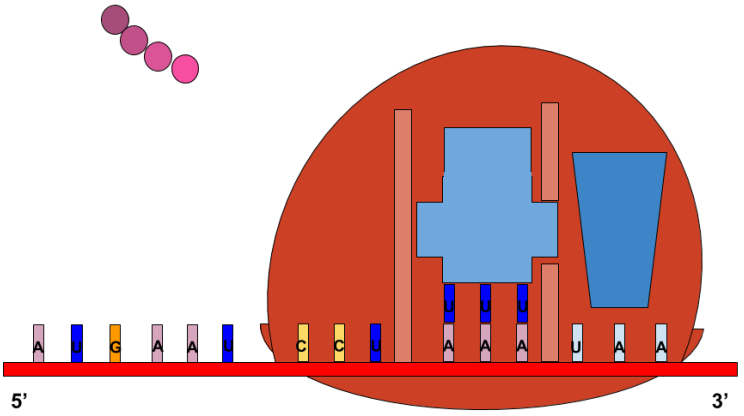

G G A
A U G A A U C C U
5'
3'

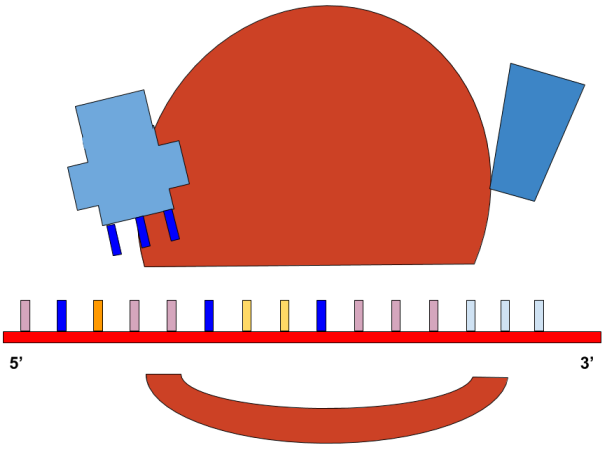

Aminoàcid
lisina
G G A U U U
A U G A A U C C U A A A
5'
3'

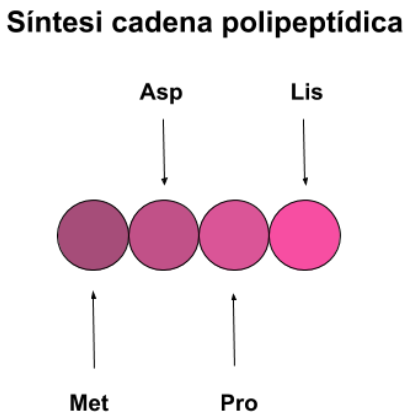


Figures 47, 48, 49, 50, 51 i 52. Elongació.









Figures 53, 54, 55 i 56. Finalització.

TRANSFECCIÓ

Els processos exposats anteriorment són imprescindibles per a poder sintetitzar una proteïna. D'altra banda, aquests processos fan la seva funció un cop són introduïts al nucli cel·lular o bé quan ja formen part de la mateixa cèl·lula. D'aquesta manera, per poder introduir el material genètic, és a dir, l'ADN a l'interior de la cèl·lula i al mateix nucli és necessari l'elaboració d'altres processos. Així mateix, el global de tots els processos utilitzats rep el nom de transfecció. Per tant, la transfecció, és a dir, la introducció d'àcids nucleics a les cèl·lules eucariotes, és essencial per a poder sintetitzar una proteïna determinada.

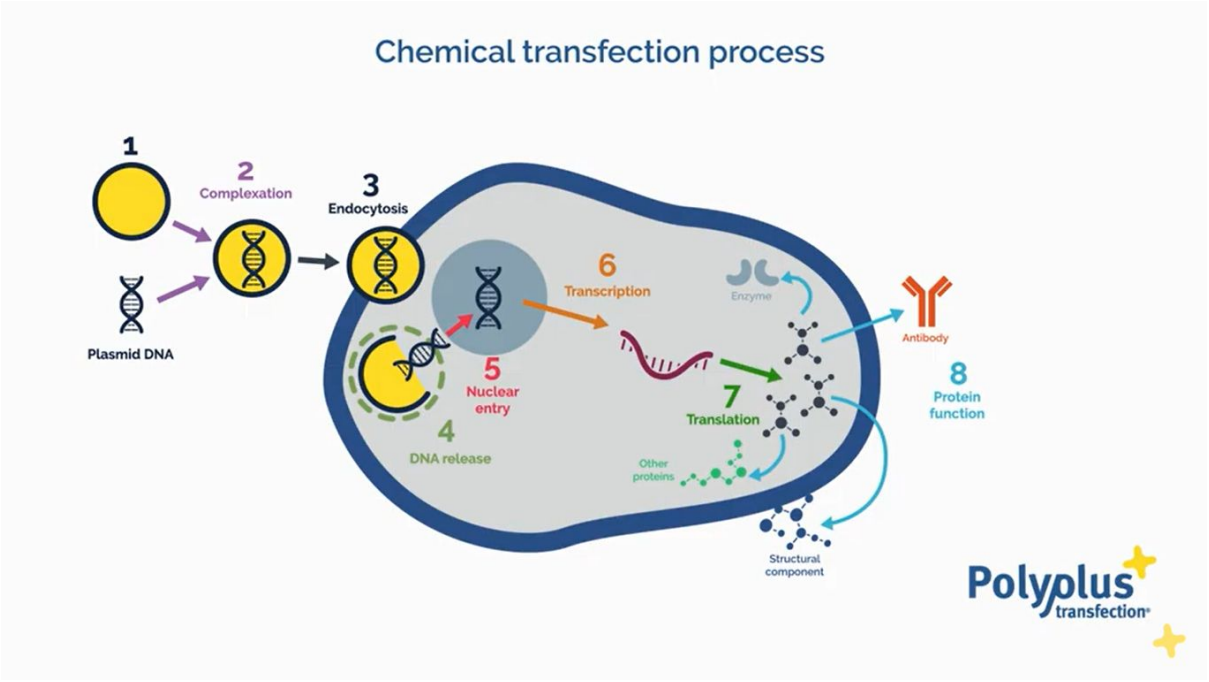


Figura 57. Procés general de síntesi d'una proteïna.[127]

Tot i haver-hi diferents variables per a produir el procés de transfecció, n'hi ha una que sobresurt respecte a les altres. Aquesta s'anomena transfecció química amb lipofecció. La seva importància rau en una gran eficiència en totes les escales, en la seva facilitat, rapidesa i adaptació, en la capacitat de reproduir el procés i, en la seva rendibilitat.[128]

La transfecció química amb lipofecció es produeix en diferents fases, totes elles completament necessàries. D'entrada, les molècules d'ADN que es volen sintetitzar s'organitzen en un plasmidi[129]. Els nucleòtids són molècules que estan carregades negativament. Per tant, interactuen amb el reactiu de transfecció, a causa de la seva càrrega completament positiva i es produeix l'encapsulació de l'ADN en aquest reactiu, el qual està basat en lípids. Seguidament, la incorporació del plasmidi d'ADN amb el reactiu conclou en la formació d'un lípid.[130] Posteriorment, aquest complex d'ADN pot entrar a la cèl·lula concreta de dues maneres diferents. Una d'elles és l'endocitosi. En aquest procés, el complex d'ADN s'aproxima a la

[127] Esquema extret de: https://www.youtube.com/watch?v=EyXEMVUMYoI&feature=emb_title
[128] What is transfection? Youtube. Polyplus transfection. (01/04/2019). https://www.youtube.com/watch?v=EyXEMVUMYoI&feature=emb_title
[129] El plasmidi és l'organització de l'ADN en forma circular i de doble cadena.
[130] La transfección - Transfection. 1995. Wiki. https://es.qwe.wiki/wiki/Transfection#Chemical-based_transfection

membrana plasmàtica de la cèl·lula i, aquesta forma una vesícula que envoltarà el complex d'ADN i el transportarà a l'interior cel·lular.[131]

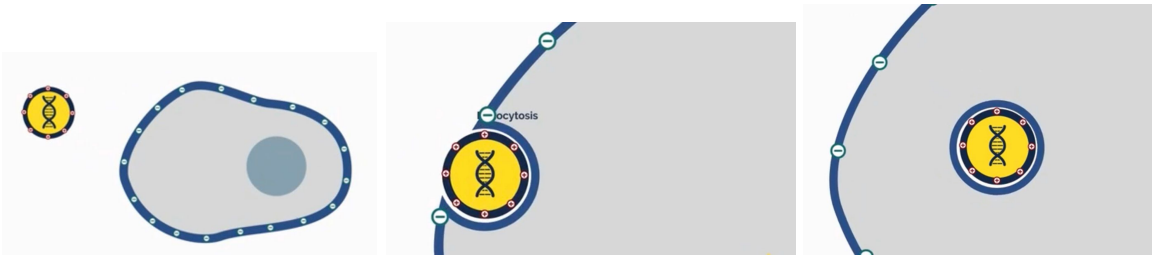


Figura 58. Endocitosi.[132]

L'altra forma consisteix en un procés anomenat fusió. En aquest procés, les dues membranes -la del lípid i la membrana plasmàtica- es fusionen unint-se entre si per formar una sola membrana que engloba el contingut de les dues molècules.[133]

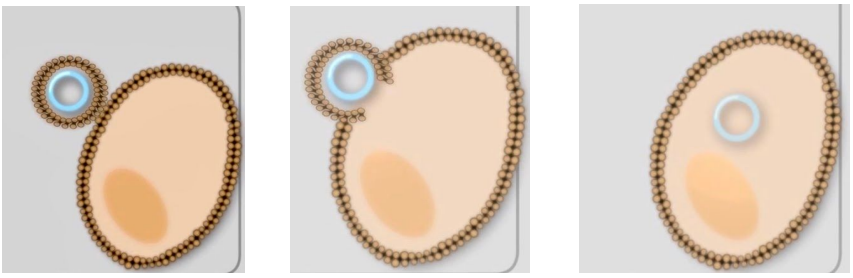


Figura 59. Fusió.[134]

Seguidament, si el complex d'ADN ha entrat a l'interior cel·lular a partir de l'endocitosi, la vesícula es desfà i el complex d'ADN pot entrar lliurement al nucli de la cèl·lula durant la divisió cel·lular[135].

Un cop acabats aquest conjunt de passos, es produeixen els processos de transcripció -al nucli- i la traducció -als ribosomes-, sintetitzant el polipèptid determinat.[136]

---

[131] Santillana Educación, SL. *Biologia, sèrie observa*. 1r de batxillerat.
[132] Imatges extretes i adaptades de: https://www.youtube.com/watch?v=EyXEMVUMYoI&feature=emb_title
[133] Introduction to Transfection. Youtube. Promega Corporation. (22/05/2013). https://www.youtube.com/watch?v=noNJjOthtJ8
[134] Imatges extretes i adaptades de: https://www.youtube.com/watch?v=noNJjOthtJ8
[135] Procés de multiplicació de la cèl·lula en dues cèl·lules filles.
[136] Els processos de transcripció i traducció estan explicats al principi d'aquest apartat que porta com a títol *Expressió genètica*.

A més, s'han d'escollir diverses cèl·lules amb diferents condicions per poder saber quina és la més adequada per produir amb total eficiència el procés de transfecció i la síntesi del polipèptid.[137]

[137] Plasmid DNA Transfection Protocol. Youtube. Thermo Fisher Scientific. (07/02/2012). https://www.youtube.com/watch?v=cPA2OQv8qA8