



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Campus del Baix Llobregat

Optimització de la recollida de gas etilè produït per meló per la seva posterior determinació

Treball final de grau

Enginyeria de Sistemes Biològics

Ferran Camarasa

Tutor: Xavier Flotats Ripoll

INDEX DE CONTINGUT

Resum	5
1.-PREFACI.....	6
2.-INTRODUCCIÓ	7
A. Marc del treball	8
b. Mètodes descrits de recollida i mesura d'etilè	8
3.-OBJECTIU.....	10
4.-MATERIALS I MÈTODES	10
A. Criteris de disseny.....	14
I. Criteri d'utilitat	14
II. Criteri de construcció	15
III. Criteri econòmic i de sostenibilitat	15
B. Elaboració i construcció d'un prototip	16
I. Mesura proposada	21
C. Metodologia seguida en l'experiment de viabilitat del prototip.....	21
5.-RESULTATS	22
A. Primer prototip.....	22
B. Segon prototip	23
C. Resultats de l'experiment de viabilitat del prototip.....	24
6.- CONCLUSIONS.....	30
A. Futurs treballs.....	30
7.-Bibliografia	31

INDEX DE FIGURES

Figura 1: Mètode actual de recollida d'etilè.....	9
Figura 2: Unitat estructural del polímer PLA	11
Figura 3: Esquema de formació del PLA	122
Figura 4: Exemple d'un cromatògraf de gasos amb espectrofotometria de masses acoblat	13
Figura 5: Fotografia de la mesura de la tija en la línia genètica 720.9.....	17
Figura 6: Hemicilindre del prototip dibuixat per Autocad.....	19
Figura 7: Perfil acotat del prototip, en centímetres	19
Figura 8: Planta acotada del prototip, en centímetres	19
Figura 9: Hemicilindre del prototip dibuixat per Autocad.....	19
Figura 10: Cilindre superior acoblat al cilindre gran dibuixat per Autocad.....	20
Figura 11: Vista interior del cilindre superior acoblat al cilindre gran dibuixat per Autocad	20
Figura 12: Prototip complet dibuixat per Autocad.....	20
Figura 13: Prototip final obert preparat per mesurar l'etilè produït per un meló.....	21
Figura 14: Planta acotada del segon prototip, en centímetres	23
Figura 15: Perfil acotat del segon prototip, en centímetres.....	23
Figura 16: Prova d'estanqueïtat del prototip	24

INDEX DE TAULES

Taula 1: Mitjanes i màxims de les mesures dels diàmetres dels 97 melons	16
Taula 2: Mesures dels paràmetres de la tija de les diferents línies genètiques de meló emprades en l'estudi	17
Taula 3: Resultats obtinguts en el primer assaig de viabilitat	25
Taula 4: Resultats obtinguts en el segon assaig de viabilitat	25
Taula 5: Resultats obtinguts en el tercer assaig de viabilitat.....	26
Taula 6: Resultats obtinguts en el quart assaig de viabilitat	27
Taula 7: Resultats obtinguts en el cinquè assaig de viabilitat	27
Taula 8: Resultats obtinguts en el sisè assaig de viabilitat.....	28
Taula 9: Resultats obtinguts en el setè assaig de viabilitat	28
Taula 10: Mitjana dels resultats obtinguts en tots els assajos de viabilitat.....	258
Taula 11: Comparació de possibles errors segons el mètode de recollida d'etilè.....	259

RESUM

Degut a la importància que té l'etilè en la maduració de fruits climatèrics, la detecció i quantificació d'aquest gas és del tot essencial a l'hora de determinar amb precisió el grau de maduració. Actualment, els mètodes emprats no permeten recollir l'etilè produït durant la maduració del fruit en la planta de forma fàcil i precisa. Són mètodes enutjosos i en la majoria de casos s'extreu el fruit de la planta, això fa que aquesta determinació no reflecteix les condicions naturals de maduració.

És per aquesta raó que s'ha dut a terme el disseny i construcció d'un prototip capaç de retenir l'etilè produït en la maduració d'un fruit, en el nostre cas el meló, en planta. L'objectiu d'aquest prototip ha estat que sigui capaç de retenir almenys durant una hora l'etilè produït pel fruit sense cap tipus de pèrdua o que aquesta sigui quantificable amb precisió. Durant el procés de disseny s'han tingut en compte els requeriments necessaris per dur a terme aquest projecte.

El prototip ha estat adaptat per a tots els melons de l'hivernacle del Centre de Recerca en Agrigenòmica. S'ha basat en dos hemi-cilindres que envoltaran hermèticament el meló i mitjançant una xeringa al cap de una hora es pot extreure una mostra del gas produït per el meló i per la seva posterior quantificació per cromatografia de gasos acoblat a espectrometria de masses.

1.-PREFACI

La motivació d'aquest treball ve donada per l'experiència prèvia durant les pràctiques realitzades en el Centre de Recerca en Agrigenòmica durant l'estiu del 2016. Durant aquestes pràctiques es va tenir l'oportunitat de realitzar diversos tipus de treball i metodologies analítiques al laboratori i hivernacle, com poden ser extracció d'ADN, PCR, anàlisi i quantificació de diverses mostres, pol·linització plantes de meló, etc.

Aquest període de temps va suposar la base per a una posterior realització d'un TFG. Els investigadors del centre es van donar compte que perdien molt temps en la recollida d'etilè per la seva posterior quantificació, i aquesta podia presentar error degut a tenir pèrdues que suposaven una manca de precisió en la mesura final. A més a més, el mètode resultava pesat i eixut a l'hora de recollir etilè per a cada meló. És per això que es va donar la possibilitat d'idear un sistema per fer que aquest procés fos més ràpid i precís.

Degut a que no existeix cap sistema estandarditzat per a la recollida d'etilè, per a l'estudiant va ser molt motivant poder idear un prototip que pogués ajudar no només al grup de treball del centre sinó també en totes les investigacions d'aquest àmbit.

2.-INTRODUCCIÓ

L'etilè és un gas compost, respectivament, per dos àtoms de carbonis enllaçats mitjançant un enllaç doble i 2 hidrògens. Comunament s'utilitza per produir plàstic, polietilè, etc. En aquest cas el seu ús és totalment diferent. El grup de recerca del Centre de Recerca en Agrigenòmica treballa en la detecció del gas etilè produït pels fruits de plantes de meló durant la seva maduració. La maduració de fruits per a l'alimentació humana és un tema d'estudi molt important en genètica vegetal. N'hi ha molts factors que indiquen l'estat de maduració en un fruit, com per exemple la textura, l'aroma, el sabor i el color. S'han descrit dos tipus de fruits depenent de la maduració, els climatèrics i els no climatèrics. Els fruits climatèrics són aquells en que durant la fase de maduració presenten una presència d'etilè que fa que el fruit maduri més ràpid. En canvi, en els fruits no climatèrics no es detecta la presència d'aquest gas durant la fase de maduració, fet que produeix que el fruit no segueixi madurant un cop extret de la planta.

Per tant, el gas etilè accelera el procés de maduració dels fruits. A més, indueix a la degradació del mido en sucres (glucosa i fructosa), la reducció de tanins i un augment del pH.

Un cop recol·lectats de la planta, aquests fruits que no produeixen etilè (*Cucumis melo* L. 'Piel de Sapo' o "meló de pell de granota") aguanten en bon estat i poden ser consumits fins a uns mesos després. Per tant, l'objectiu és aconseguir que els fruits madurin de forma no climatèrica. Per aconseguir-ho, s'introdueixen modificacions genètiques en les flors de aquestes plantes. En concret, en el meló de varietat 'Vedrantais', objectiu del present treball, això es fa generant introgressions en el cromosoma 8 de la planta.

En general doncs, interessa investigar la maduració dels fruits, ja que retardant-la es pot millorar la seva conservació. A més, pot ajudar a la alimentació amb la finalitat de millorar genèticament els fruits climatèrics perquè no produeixin aquest gas i puguin ser aptes per l'alimentació humana durant més temps. Aquestes propietats estan lligades a hormones que regulen la producció del gas.

Per a detectar el gas es poden utilitzar diferents tècniques. Actualment, la utilitzada en el Centre de Recerca en Agrigenòmica es basa, com s'explicarà després, en una tècnica

laboriosa i l'optimització en aquest aspecte ajudaria a millorar les investigacions, tant en precisió com en temps.

A. MARC DEL TREBALL

Actualment, no hi ha un mètode estàndard a l'hora de mesurar etilè en maduració de fruits mentre estan en la planta. La detecció i mesura es fa un cop recollit el fruit i emmagatzemat en cambres. Aquest mètode altera completament les condicions del fruit, ja que no madura a la planta. Realitzant una cerca d'articles científics no se n'ha trobat cap que parli de un sistema per a recollir etilè mentre el fruit madura a la planta.

Per l'elaboració d'aquest projecte es pretén que el prototip final sigui capaç de retenir l'etilè produït pel fruit de la planta del meló durant una hora. En un primera instancia l'ús d'aquest contenidor està restringit a la recollida en meló, però es treballarà amb la visió de que realitzant petites modificacions l'equip també serveixi per a altres fruites candidates en la producció d'etilè

B. MÈTODES DESCRITS DE RECOLLIDA I MESURA D'ETILÈ

Existeixen diversos mètodes que permeten tant la recollida com la posterior mesura del gas etilè produït per diverses espècies vegetals. Aquests mètodes es poden resumir en els següents:

- a) Maxie i col·laboradors (1965) descriuen la recollida d'etilè extraient el fruit de la planta, transportant-ho en contenidors fins al centre on després és mesurat mitjançant cromatografia de gasos.
- b) Pathak i col·laboradors (2003) utilitzen un mètode semblant a l'anterior. Incuben el fruit extret de la cambra en una cambra de volum de 1L durant 3h.
- c) Burg i Burg (1962) recullen etilè utilitzant cambres de 2.3L entre 1 i 4h i recollint l'etilè mitjançant una xeringa.
- d) Cristescu i col·laboradors (2012) emmagatzemen les mostres en pots de vidre i posteriorment amb una xeringa recullen la mostra.
- e) Janssen i col·laboradors (2014) igual que a l'anterior exemple, emmagatzemen els fruits en pots de vidre detectant la producció d'etilè al llarg del temps.

Tots aquests mètodes es basen en la detecció i recollida d'etilè un cop el fruit ha estat extret de la planta, no durant la maduració d'aquest en planta.



Figura 1: Mètode actual de recollida d'etilè : a) segellament del marge superior de la bossa de plàstic; b) segellament hermètic de la bossa junt amb el tub de plàstic i la tija de la planta del meló; c) bossa inflada amb el compressor; d) extracció de l'etilè acumulat dins la bossa passada 1h mitjançant una xeringa i un vial.

Aquest treball s'ha dut a terme en el Centre de Recerca en Agrigenòmica. El mètode utilitzat fins ara en el centre per a la mesura del gas en la planta és col·locar una bossa de plàstic al voltant del meló (veure Figura 1). Primerament se segellen, amb una planxa, els extrems de la bossa. A continuació, amb cinta autoadhesiva es rodeja la bossa, la tija i un tub de plàstic i es dona voltes fins que quedi fixat. Després a través del tub de plàstic s'omple la bossa amb aire mitjançant un compressor d'aire. Es bombeja aire normal, teòricament sense cap contingut de etilè, a fi de generar un volum conegut de gas que permeti el càlcul de la concentració d'etilè. Un cop passada una hora, es punxa la bossa amb una xeringa per poder extreure 60 ml de mostra i posteriorment es guarda en un vial per la posterior mesura en el cromatògraf (Hajšlová i Cajka, 2007)

Degut a que s'utilitza una bossa de plàstic inflada, el volum total al que hem de referir la mesura no és exacte, i pot variar segons la metodologia emprada en l'inflament.

3.-OBJECTIU

L'objectiu del present treball és dissenyar un sistema que millori la recollida, i per tant la mesura, del gas etilè present durant la fase de maduració en planta del meló, amb la possibilitat d'aplicar aquesta optimització a altres fruits climatèrics

Per fer això, s'ha dissenyat un contenidor que disposa de dues parts que s'acoblen al voltant del fruit per poder generar un espai quasi hermètic al seu voltant, on es pot acumular el gas, de tal manera que sigui fàcil recollir una mostra per a la seva posterior quantificació per cromatografia.

4.-MATERIALS I MÈTODES

Per realitzar el prototip s'ha utilitzat:

- Un ordinador Portàtil HP
- Software específic: Autocad versió 2017 Español
- Impressora 3D Prusia i3 dotada amb el software Ultimaker Cura 2 d'impressió (Netherlands)
- Material d'impressió 3D: Àcid polilàctic (PLA)
- Pinça de tancament hermètic.
- Conreu de meló
- Cromatògraf de gasos Agilent 7890A acoblat a un espectròmetre de masses 5975C.
- Xeringues de 60 ml
- Vials de 10ml

Les plantes de meló (*Cucumis melo* L.) s'han conreat en un hivernacle sota condicions estàndard. Per l'anàlisi de l'etilè es van utilitzar melons d'una línia recombinant obtinguda del creuament entre la varietat climatèrica *Ved* del gènere *Cantalupensis*, i la línia PS T111, una varietat no climatèrica del tipus *inodorus*.

Per reproduir el prototip s'ha utilitzat una impressora 3D degut a la seva rapidesa en execució, precisió adequada i econòmicament assequible.

Una impressora 3D és una màquina capaç de reproduir rèpliques de dissenys 3D fets per ordinador, mitjançant superposició de capes amb gran precisió. S'utilitza en la prefabricació de components i peces per sectors com l'arquitectura i disseny industrial, encara que també s'implanta el mètode en medicina, com per exemple en la producció de suports per medicaments, pròtesis i òrgans per transplants. Aquest mètode permet una alta precisió necessària per elaborar el contenidor. Té una precisió de 0,5mm i es pot fabricar qualsevol disseny. El mètode d'impressió en que es basa la impressora 3D és el modelat per deposició fosa. Aquest mètode es basa en 3 elements principals:

- Una placa d'impressió en la que s'imprimeix la peça
- Una bobina de filament que serveix com a material d'impressió (PLA)
- Un cap d'extrusió

La impressora 3D usada utilitza el programa Cura per configurar els paràmetres d'impressió. Quan l'arxiu està carregat al programa Cura de la impressora ja pot començar la impressió. Primerament l'extrusor assoleix una temperatura de uns 200°C per poder fondre el material. Un cop fosa el filament s'extrudeix a través del cap d'extrusió en els eixos *x*, *y* i *z* sobre la placa d'impressió, dipositant-lo per capes.

Gràcies a totes aquestes característiques es va prendre la decisió d'utilitzar aquest mètode per dur a terme la reproducció del projecte, ja que és una forma ràpida, precisa i barata. Per al material d'impressió es va utilitzar l'àcid polilàctic. L'àcid polilàctic o PLA és un polímer termoplàstic d'alt pes molecular constituït per molècules d'àcid làctic (Figura 2). Tal i com la definició de termoplàstic indica, a altes temperatures aquest polímer es deforma o flexibilitza, i quan es refreda es torna rígid. Aquesta propietat és essencial a l'hora de imprimir en 3D, ja que permet la manipulació d'aquest material per reproduir els dissenys prèviament fets mitjançant programes

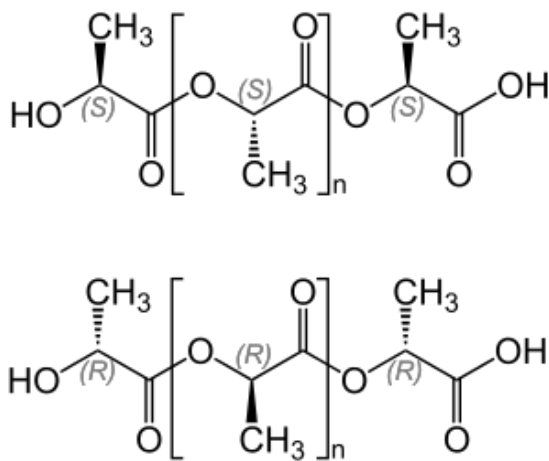


FIGURA 2: Unitat estructural del polímer PLA

informàtics. Les característiques físiques del PLA, densitat, capacitat calorífica i propietats mecàniques i reològiques, són molt diverses depenent de la temperatura. Pot ser dissenyat perquè sigui biodegradable, tot i que en el nostre cas cal evitar-ho.

Una forma d'obtenció de l'àcid polilàctic és la condensació directa de monòmers d'àcid làctic. S'ha d'escalfar per sota de 200°C. L'àcid làctic s'oligomeritza a oligòmers de PLA, a partir d'aquí es dur a terme la massa fosa on es

combinen les unitats oligomèriques curtes per donar un pes molecular alt.

Hi ha diverses formes d'aconseguir PLA de gran pes molecular, que es l'utilitzable. Es parteix de dos monòmers: àcid làctic i lactida (Figura 3). La via més habitual per aconseguir PLA és la polimerització d'obertura d'anell de lactida amb diversos catalitzadors de metall. Una altra manera és la condensació directa de monòmers d'àcid làctic. Aquest procés s'ha de dur a terme a menys de 200 °C; sobre d'aquesta temperatura, es genera el monòmer de lactida entròpicament afavorit. Aquesta reacció genera un equivalent d'aigua per cada condensació. L'àcid làctic s'oligomeritza a oligòmers de PLA. A partir de llavors es combinen les unitats oligomèriques curtes per donar un elevat pes molecular. Aquest material no produeix gasos que influeixin en la recollida d'etilè, és a dir, el material un cop imprès no produeix etilè, en canvi si que pot arribar a produir CO₂ i CH₄.

Per a la impressió 3D, ja que no es disposava d'una impressora en el centre, es va decidir externalitzar el procés d'impressió. Per això es va encarregar la impressió a és una empresa d'impressió 3D internacional, Freelabster (França, <https://www.freelabster.com>). Es va escollir aquesta opció per ser econòmica i ràpida.

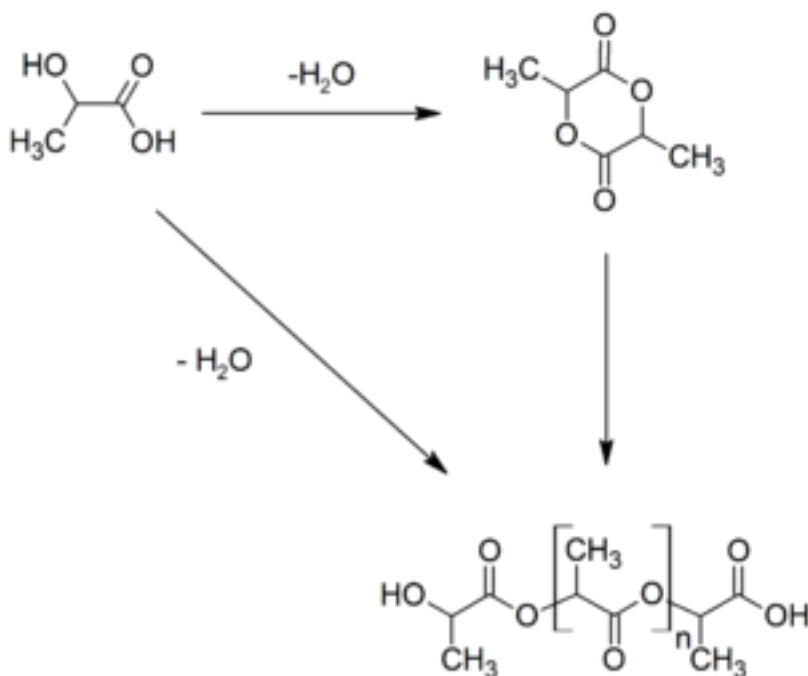


Figura 3: Esquema de formació del PLA

El mètode d'impressió varia en cada comanda, ja que la base del negoci és que una persona particular amb una impressora 3D pot imprimir les comandes que es fan mitjançant internet i cobrar per això. És un mètode molt econòmic i fàcil d'utilitzar. Només cal dissenyar els prototips i, depenent de la mida, la web automàticament calcula el preu, dóna un pressupost i assigna a cada treball una persona encarregada d'imprimir els dissenys. Aquest aspecte solucionaria el criteri econòmic ja que per a cada prototip es calcula un preu d'uns 150 euros.

Per a la posterior quantificació del gas, s'utilitza un cromatògraf de gasos amb espectrofotometria de gasos (Figura 4). És una tècnica de detecció i quantificació de substàncies volàtils i semi volàtils que combina 2 processos, la cromatografia de gasos i després la espectrometria de masses.

Figura 4: Exemple d'un cromatògraf de gasos amb espectrofotometria de masses acoblat



La cromatografia de gasos permet la separació dels components de mesclades gasoses quan aquestes travessen una columna específica, impel·lides per un gas portador. Primerament separa els components de la mescla i després els detecta, obtenint-se un registre cromatogràfic amb els corresponents components en forma de pics. Un cop separats i detectats tots els components de la mostra, l'única dada de què es disposa per a la identificació de cada un d'ells és el temps de retenció dels anomenats pics cromatogràfics. Aquesta dada no és suficient per a una identificació inapel·lable, sobretot quan les mostres tenen un gran nombre de components.

D'altra banda, l'espectrometria de masses pot identificar de manera gairebé irrefutable qualsevol substància pura, però normalment no és capaç d'identificar els components individuals d'una barreja si abans no es separen els seus components. Per tant, l'acoblament de les dues tècniques, cromatografia de gasos (GC) i espectrometria de masses (MS) dóna lloc a una tècnica de ampla utilització anomenada GC-MS, que permet la separació i identificació de mesclades complexes.

En resum, la barreja de compostos injectada en el cromatògraf de gasos es separa a la columna cromatogràfica obtenint l'elució successiva dels components individuals aïllats que passen immediatament al espectròmetre de masses. Així doncs. Cadascun dels components es registra en forma de pic cromatogràfic i s'identifica mitjançant el seu respectiu espectre de masses. En aquest procés, l'espectròmetre de masses, a més de proporcionar els espectres, actua com a

detector cromatogràfic, en registrar el corrent iònic total generat a la font iònica. El corrent iònic generat dona lloc a un pic d'àrea proporcional a la quantitat de compost detectat, en el pes molecular específic.

A. CRITERIS DE DISSENY

Els criteris que s'han tingut en compte per dissenyar el prototip es basen en 3 aspectes generals:

- Criteri d'utilitat
- Criteri de construcció
- Criteri econòmic i de sostenibilitat (cost i reciclatge)

I. CRITERI D'UTILITAT

Per millorar el mètode de recollida d'etilè que s'utilitza actualment s'han de considerar diversos factors.

- Primerament el prototip en qüestió ha de ser fàcil i ràpid de muntar i desmuntar. Tal i com s'ha explicat anteriorment el mètode actual és feixuc i lent a l'hora de portar-lo a la pràctica.
- És molt important tenir en compte que el prototip no ha d'influir en l'exactitud de la mesura
- Que permeti una mesura el més acurada i repetitiva possible.
- Per dotar de versatilitat al contenidor, aquest ha de ser útil per a tots els melons que es vulgui mesurar.
- El mètode actual basat en una bossa de plàstic no presenta un volum constant en tots els casos, és a dir, degut a que no és un material rígid i a més a més s'injecta aire, cada cop que es recull etilè, el volum varia, per tant s'ha de trobar una solució que pugui ser constant en aquest aspecte.
- Que fos possible, des de l'exterior, extreure una mostra del volum desitjat, del gas atrapat a dins.
- Degut a que no és l'únic fruit climatèric utilitzat en la investigació d'etilè, ha de ser possible la seva utilització en altres fruits.

II. CRITERI DE CONSTRUCCIÓ

Per millorar el procés d'implementació del prototip aquest ha de ser fàcilment reproduïble a petita escala.

En la construcció, a més, els criteris a tenir en compte són:

- Que sigui lleuger, perquè la planta pugui resistir el recipient de recollida d'etilè sense trencar la tija
- Que sigui estanc perquè la recollida sigui el més acurada possible
- Resistent a les temperatures i la humitat que presenta l'ambient en un hivernacle
- Finalment, a efectes pràctics, ha de ser fàcil de transportar i no ha de requerir cap equipament auxiliar per que es dugui a terme la recollida.

III. CRITERI ECONÒMIC I DE SOSTENIBILITAT

Degut a que aquest prototip està orientat a la investigació, no només ha de ser útil sinó que a la vegada la seva construcció i aplicació ha de ser econòmicament viable. És a dir, els materials a utilitzar han de ser barats, però a més el procés de construcció cal que sigui senzill i ràpid ja que en el disseny i construcció d'un prototip es necessiten varies reproduccions fins arribar al model final.

A la vegada, és important que la utilització del prototip no generi despeses o les menys possibles, a més a més de la seva pròpia construcció.

Per últim cal avaluar, que en el procés de construcció i també en el d'utilització, es generin els menys residus possibles o aquests tinguin una reutilització o possibilitat de reciclatge. És el criteri de les tres R: reducció, reutilització i reciclatge.

B. ELABORACIÓ I CONSTRUCCIÓ D'UN PROTOTIP

Cal esmentar, en primer lloc, que tota la part experimental del treball que requeria la mesura dels fruits i la quantificació del gas etilè s'ha dut a terme en el Centre de Recerca en Agrigenòmica (CRAG).

Així, en un primer moment, i un cop definits els criteris de disseny, el següent pas va ser la implementació d'aquests criteris en el futur prototip. A fi d'aconseguir un prototip adequat al fruit en qüestió, en aquesta ocasió (meló) es van dur a terme unes mesures d'aquest fruit consistents en:

1. Mesura del diàmetre major i menor dels melons per avaluar el volum mínim necessari del futur prototip.
2. Mesura de la mida de la unió de la tija de la planta amb el meló per tal de poder idear una subjecció òptima

Ja en l'estiu de 2016, es va dur a terme una col·laboració prèvia amb el grup del CRAG. En aquesta fase, es va dur a terme un estudi de la variabilitat i evolució dels diferents cultius de meló i la correlació dels trets més importants amb els trets genètics del meló. En el marc d'aquesta col·laboració es van mesurar els diàmetres de 97 melons pertanyents als conreus d'aquest grup de recerca. Les mitjanes d'aquestes mesures són les que s'han utilitzat en el present treball.

Taula 1: Mitjanes i màxims de les mesures dels diàmetres dels 97 melons

	Mitjana + SD(cm)	Valor màxim(cm)
Diàmetre menor	11 ± 1	13
Diàmetre major	19,1± 1,8	21,9

Com es pot veure en la Taula 1, les mesures van donar com a mitjana un diàmetre menor de 11 cm i un diàmetre major de 19,1 cm, i uns valor màxims de 13 cm i 21,9 cm, respectivament. Aquestes dades defineixen la mida mínima del receptacle necessari per poder mesurar etilè en tots els melons del centre.

Posteriorment, durant l'actual estància de pràctiques de l'estiu de 2017, es va mesurar el peduncle d'unió de la tija de la planta amb el meló per tal de poder idear una subjecció òptima en tots els melons. Les mesures que es van dur a terme són les que s'exposen a la Taula 2.

Taula 2: Mesures dels paràmetres de la tija de les diferents línies genètiques de meló emprades en l'estudi

Línia genètica	Diàmetre tija (cm)	Distància al 1er nus (cm)	Diàmetre 1er nus (cm)
8M40.1	0.60	2.00	1.00
8M31	0.80	1.30	1.10
T111.5	0.70	2.50	1.10
IMM11	0.62	1.50	1.40
IMM8	0.80	1.00	1.50
RIB3	0.60	1.70	1.50
RIB1	0.62	1.50	1.40
IMM4	0.70	2.80	1.30
720.9	0.85	1.80	1.40
Mitjana	0.70	1.79	1.30
Desviació estàndard	0.10	0.57	0.19



Figura 5: Fotografia de la mesura de la tija en la línia genètica 720.9.

La Figura 5 ens mostra la forma en que es van prendre les mesures de la tija. Els nombres corresponen a les columnes de la taula anterior, és a dir el número 1 correspon al diàmetre de la tija, el número 2 correspon a la distància que n'hi ha des del meló fins al primer nus, i per últim el número 3 correspon al diàmetre del nus.

Donades aquestes mesures, es va començar a dissenyar, mitjançant el programa Autocad, un contenidor cilíndric capaç de retenir el gas etilè.

Donades les mitges de les mesures

dels melons, es va considerar aplicar un marge adicional necessari per a que càpiguen tots els especímens però sense que suposés una excés de volum que contribuiria, sens dubte, a l'error de la mesura. Es va decidir doncs que les mesures serien: altura 22,7cm x diàmetre 15,7cm,

assegurant així que qualsevol meló utilitzat en el centre per a la investigació de la producció d'etilè seria compatible amb el contenidor. D'aquesta manera es complia un dels criteris de disseny, fent que aquest prototip sigui vàlid per a tots els melons del centre.

Per el que fa en l'aspecte d'utilitat, esmentat en l'apartat anterior (pàgina 14), es va decidir que la forma del prototip fos cilíndrica, ja que era més fàcil de reproduir amb una impressora 3D. Degut a les mides màximes de la impressió 3D, es va declinar l'opció de fer un contenidor rectangular, ja que els límits d'aquest coincidien amb el límits d'impressió i sobrava espai en comparació d'un contenidor cilíndric.

Per a la part del disseny del contenidor es va decidir utilitzar un programa de disseny, en aquest cas va ser AutoCad. Autocad és un software desenvolupat per l'empresa Autodesk en que "Auto" fa referència a l'empresa i "CAD" que fa referència a les sigles en anglès "Computer Assisted Design". S'utilitza en l'àmbit del disseny en 2D i 3D. És reconegut a nivell mundial per les seves altes capacitats d'edició. Gràcies als coneixements adquirits en l'assignatura de Dibuix en l'Enginyeria ha sigut possible dur a terme el disseny dels prototips sense necessitat de adquirir coneixements addicionals.

El cilindre consta de dues meitats simètriques Figura (6, 7, 8 i 9) . Al costat de cada meitat es va adossar una rebava a fi de poder col·locar una pinça per facilitar el tancament del contenidor. A la part inferior de la base es van adossar 4 petits cilindres, 2 a cada costat, fent-los coincidir de manera que es pogués introduir una vareta de metall per afavorir el tancament i subjecció del contenidor. Aquest receptacle cilíndric té un gruix de 3mm, ja que el que es vol és reduir l'ús de material i a més a més el pes del contenidor.

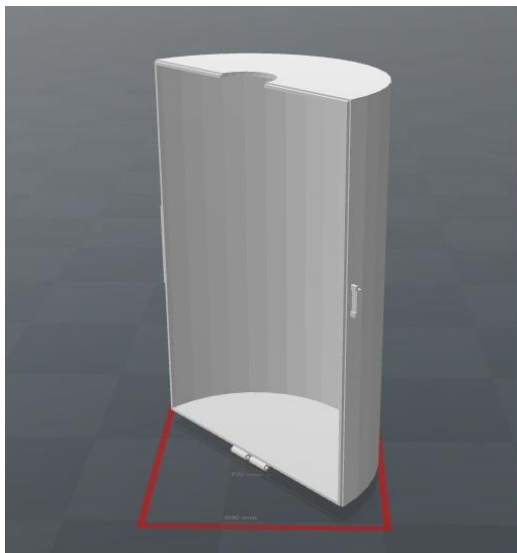


Figura 6: Hemicilindre del prototip dibuixat per Autocad

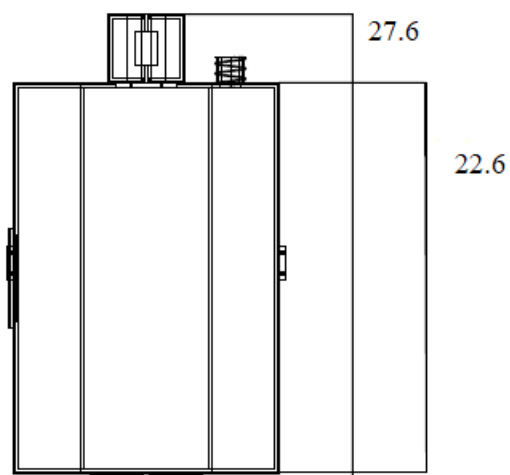


Figura 7: Perfil acotat del prototip, en centímetres

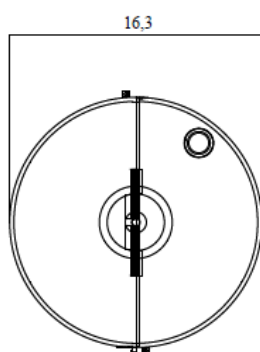


Figura 8: Planta acotada del prototip, en centímetres

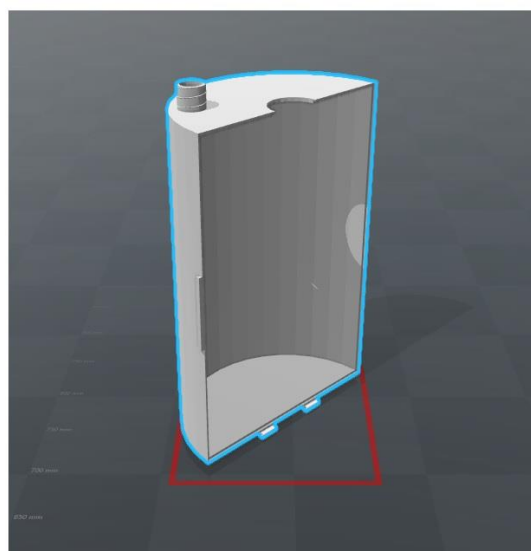


Figura 9: Hemicilindre del prototip dibuixat per Autocad

A la part superior i tenint en compte les mesures de la taula 1, es va dissenyar un altre cilindre (Figura 10 i 11) en dos parts simètriques reproduint les característiques espacials de la tija que subjecta el meló que s'engaxarien a les dues peces primerament dissenyades.

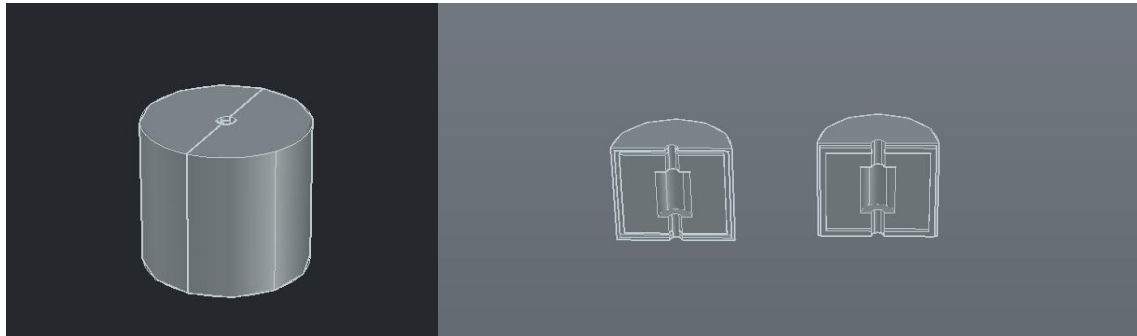


Figura 10: *Cilindre superior acoblat al cilindre gran dibuixat per Autocad*

Figura 11: *Vista interior del cilindre superior acoblat al cilindre gran dibuixat per Autocad*

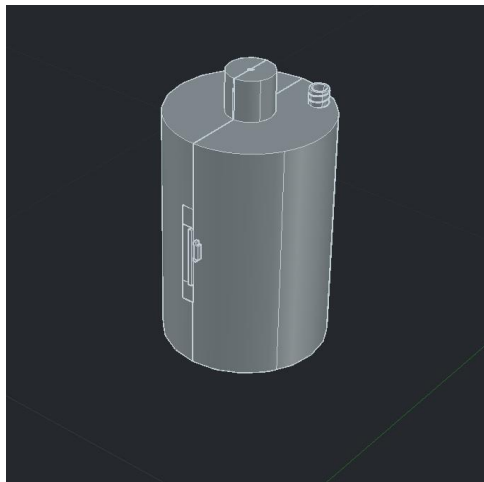


Figura 12: *Prototip complet dibuixat per Autocad*

Així, el primer disseny realitzat va ser el de la imatge que es mostra en la figura 12.

El fet que el contenidor sigui de un volum constant soluciona el problema que presentaven les bosses, és a dir, el volum serà igual en totes les recollides que es realitzin, que no seria el cas, per exemple, al inflar una bossa de plàstic. A més a més, a l'inflar una bossa de plàstic amb aire a pressió, augmenta aquesta a l'interior i si en algun cas hi ha una possible sortida d'aire aquest sortirà en més quantitat degut a la diferència de pressions.

Finalment, sobre la base superior del cilindre gran, es va adossar un altre petit cilindre (Figura 12) que travessa aquesta base, per facilitar l'extracció de les mostres d'etilè, mitjançant una xeringa.

El primer pas és el disseny de l'objecte mitjançant programes de disseny, com per exemple el que s'ha utilitzat per fer el prototip, amb l'Autocad. L'arxiu es guarda en format .stl ja que divideix per capes l'objecte dissenyat.

I. MESURA PROPOSADA

Es proposa utilitzar el prototip dissenyat i imprès per dur a terme la mesura del gas. Primerament es col·loca el contenidor obert al voltant del meló. Es tanca mitjançant les pinces de subjecció hermètica dels costats. S'espera 1h per poder mesurar la presència de gas, i mitjançant una xeringa s'extreu per el tub superior una mostra per la posterior anàlisi al cromatògraf.

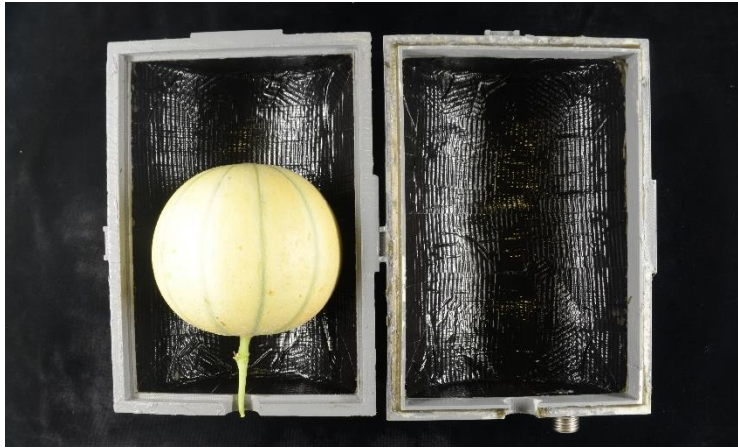


Figura 13: *Prototip final obert preparat per mesurar l'etilè produït per un meló*

C. METODOLOGIA SEGUIDA EN L'EXPERIMENT DE VIABILITAT DEL PROTOTIP

Un cop elaborat el prototip, calia realitzar la comprovació de la seva viabilitat. Per fer això es va injectar etilè dins del prototip i es va mesurar les pèrdues temps després.

Els paràmetres a tenir en compte van ser:

- La porositat del PLA.
- El temps necessari per realitzar una mesura adequada.
- La concentració d'etilè.
- Els paràmetres atmosfèrics.
- Temps d'injecció d'etilè

Inicialment doncs, es van realitzar proves de estanqueïtat, per tal de saber si el material deixaria passar per exemple aigua i tindria fugues. Això es va dur a terme mitjançant l'ompliment de cada peça amb aigua.

Per a les altres comprovacions calia mesurar l'etilè. Es necessitava partir d'una concentració alta i coneguda de gas, a fi de facilitar la seva mesura en el GC-MS. Es va escollir un patró d'etilè P50 (50 parts per milió), ja que era la concentració de gas més alta disponible en el centre.

Abans de cada procés de mesura, es va deixar el contenidor obert un temps per eliminar qualsevol rastre d'etilè d'anteriors mesures.

El primer pas consistia en omplir de gas el contenidor tancat. Per fer-ho de la forma més exacte possible, el gas es va bombejar des de la bombona durant un minut exacte en tots els casos, limitant els errors en les mesures.

Un cop omplert el contenidor, es van extreure, mitjançant una xeringa de 60 ml, 3 mostres de gas per poder tenir una mitjana de la quantitat d'etilè present a temps 0. Cal tenir en compte que la mesura a temps 0 implica doncs una pèrdua de gas de 180 ml respecte els 2,9 l de volum total. Això pot fer possible un error en la mesura de pèrdues ja que s'extreu un 6,2 % del volum total ocupat pel gas.

La següent presa de mostres va ser després d'1h. Aquest temps es va escollir perquè és el temps que s'espera en la mesura en planta a les investigacions realitzades. És un període de temps suficientment gran com per percebre si hi ha pèrdues per part del contenidor. Es va seguir el mateix procediment que anteriorment, prenent 3 mostres de 60 ml en uns vials prèviament etiquetats i es van portar al cromatògraf per a la seva quantificació.

Per a aquesta comprovació es van dur a terme en un total de 7 experiments. En els 2 primers assajos, van ser diferents ja que després de realitzar la mesura no s'airejava el prototip. En cada experiment, en funció del temps disponible, es van realitzar 1 o 2 mesures.

5.-RESULTATS

A. PRIMER PROTOTIP

El següent pas en el disseny del prototip és la elecció del mètode de producció i el seu material. Per això es van considerar diverses propostes però finalment es va optar, en el cilindre gran, per la impressió 3D, i com a material d'impressió l'àcid polilàctic. Donat que les mesures de la tija varien molt poc, i que a més la tija es pot malmetre degut al roçament amb un material dur, per al cilindre superior de subjecció de la tija es va optar per el filaflex, un material flexible i opac.

Un cop impreses les peces que configuren el prototip, van evidenciar-se els primers errors, habituals en un primer prototip. Primerament, el gruix del contenidor no feia possible l'encaix de

les dues peces, ja que una impressora 3D és una forma molt precisa de reproduir rèpliques de dissenys 3D però no té la suficient capacitat de resolució en mesures tant petites.

El segon error va ser el petit cilindre superior de subjecció de la tija. La impressió d'aquest cilindre, degut a que es va usar el material filaflex, va ser molt poc precisa ja que el filaflex, en calentar-se, és difícil d'imprimir i modelar si no es tenen els coneixements necessaris en l'àmbit d'impressió 3D.

Els 4 petits cilindres d'encaix a la part inferior del cilindre, van resultar inservibles, ja que es van dissenyar massa petits per poder ser reproduïts amb total exactitud.

El cost total de la impressió de totes les peces en conjunt va suposar una despesa de 170€.

B. SEGON PROTOTIP

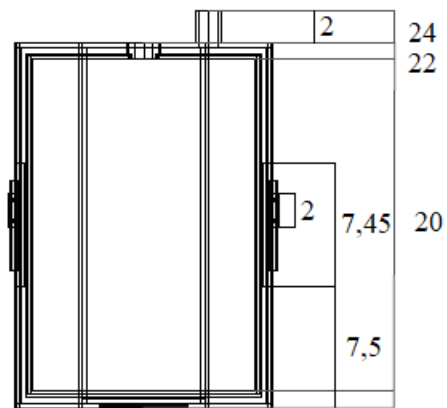
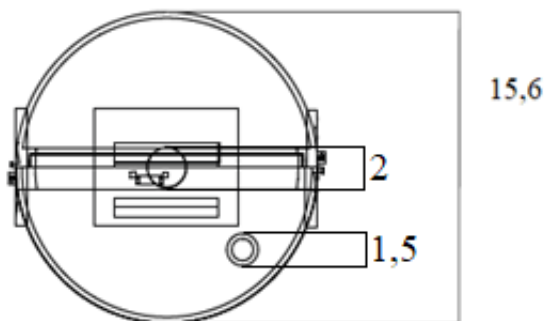


Figura 14: *Planta acotada del segon prototip, en centímetres*

Figura 15: *Perfil acotat del segon prototip, en centímetres*

Un cop analitzats els errors/problemes es va procedir al nou disseny d'un segon prototip (Figura 14 i 15). En aquest cas es va seguir el mateix patró per el que fa a la mida. L'estructura va ser la mateixa, un cilindre gran de PLA amb dos pinces al costat per ajudar a la subjecció hermètica. Es van modificar les següents parts:

- La part inferior a on en el primer prototip hi havien els petits tubs, es va decidir acoblar una tercera pinça per afavorir l'estanqueïtat.
- L'acoblament hermètic dels dos hemicilindres grans es va basar en l'encaix de material fotogràfic submarí, afegint una pel·lícula de silicona per millorar aquest acoblament.
- Es va augmentar el gruix del cilindre de 3 mm a 1cm.

- El cilindre superior de filaflex es va eliminar. En el seu lloc es va utilitzar una anella de plàstic de 0,6 cm de diàmetre, col·locada en l'obertura superior central del cilindre per on es podria subjectar a la tija.
- Degut a les filtracions en les proves de porositat del PLA, es va recobrir de pintura aïllant a l'aigua el contenidor i per dintre es va forrar de cinta aïllant. Va ser una mesura provisional degut al cost del prototip i que l'important era realitzar les proves de viabilitat.
- En l'obertura del cilindre gran, per on s'introdueix la tija, es va omplir amb silicona per millorar la subjecció.

El pes final d'aquest segon prototip va ser de 690 grams

C. RESULTATS DE L'EXPERIMENT DE VIABILITAT DEL PROTOTIP

Tal com ja s'ha esmentat, els paràmetres a tenir en compte van ser:

- L'estanqueïtat del PLA.
- El temps necessari per realitzar una mesura adequada.
- La concentració d'etilè.
- Els paràmetres atmosfèrics.
- Temps d'injecció d'etilè

La prova de estanqueïtat va resultar totalment satisfactòria en el primer prototip, el material va resultar 100% impermeable. En canvi en el segon prototip es va realitzar el mateix assaig i va resultar desfavorable. Tenint en compte que en aquest cas el cilindre imprès era molt més gruixut, las pèrdues havien de ser per manca de estanqueïtat i no pas per alta porositat. Efectivament es va comprovar que l'aigua sortia per les juntes interiors. Donat que la impressió va ser realitzada en una altra impressora, es pot deduir que el problema va ser degut a una impressió de baixa qualitat.

En quant als altres paràmetres que avalen la viabilitat del prototip, van requerir la mesura del gas etilè, tal com s'ha explicat a l'apartat de material i mètodes. Un cop finalitzada la mesura al cromatògraf, es va seleccionar el pic d'etilè, i es va mesurar l'àrea sota corba, donant els valor que figuren en les taules següents (Taula3). Cada mesura es va realitzar per triplicat.



Figura 16: Prova d'estanqueïtat del prototip

Taula 3: Resultats obtinguts en el primer assaig de viabilitat

Primer assaig				
Mostra	Valor cromatògraf	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)	
T0.1	18369	0	Mitjana 12240 Desviació 9910,70	
T0.2	806	0		
T0.3	17545	0		
T1.1	22789	1	Mitjana 21379,67 Desviació 1238,28	
T1.2	20884	1		
T1.3	20466	1		
T2.1	24818	0	Mitjana 22659 Desviació 1875,64	
T2.2	21728	0		
T2.3	21431	0		
T3.1	29180	1	Mitjana 29868,33 Desviació 1707,91	
T3.2	31813	1		
T3.3	28612	1		
		Pèrdua	T1-T0	-9.139,67
		Pèrdua	T3-T2	-7.209,33

Taula 4: Resultats obtinguts en el segon assaig de viabilitat

Segon assaig				
Mostra	Valor cromatògraf	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)	
T0.1	29.150	0	Mitjana 28633,67 Desviació 1372,39	
T0.2	29.673	0		
T0.3	27.078	0		
T1.1	33.808	1	Mitjana 32377 Desviació 1371,92	
T1.2	32.250	1		
T1.3	31.073	1		
T2.1	48.183	0	Mitjana 47834,67 Desviació 711,61	
T2.2	48.305	0		
T2.3	47.016	0		
T3.1	53.196	1	Mitjana 50472 Desviació 2660,92	
T3.2	50.341	1		
T3.3	47.879	1		
		Pèrdua	T1-T0	-3.743,33
		Pèrdua	T3-T2	-2.637,33

En els dos primers assajos (Taules 3 i 4) els resultats de pèrdua van resultar ser negatius, és a dir, que al cap de 1h de tancar el contenidor i mesurar la quantitat d'etilè, aquest valor havia augmentat. Això va ser degut a la falta d'aeració. En la mesura de la pèrdua d'etilè primerament s'omplia el prototip amb etilè P50,. Un cop extretes les tres mostres de gas, el contenidor s'obria totalment i es tornava a omplir, amb la finalitat de contrarestar el gas perdut en la mesura, 180 ml. El fet d'omplir el contenidor sense prèviament airejar-lo va fer que l'etilè s'acumulés dins i donés Resultats més alts. Així, al veure els resultats, es van descartar aquestes mesures i es va canviar la metodologia.

A més, el fet d'omplir el contenidor per bombeig durant minut exacte, no assegura que s'injecti exactament el mateix volum d'etilè, ja que la pressió de la bombona va reduint-se en cada bombeig. Per tant, el fet d'airejar i tornar a omplir el contenidor també era una font d'error va ser un error, ja que com es veurà posteriorment les mesures a temps 0 són diferents.

Per tant els 2 primers assajos van servir per corregir futurs errors de càlcul i mesura. En els següents assajos ja es va seguir la metodologia detallada abans.

Taula 5: Resultats obtinguts en el tercer assaig de viabilitat

Tercer assaig							
Mostra	Valor crom.	Volum (ml)	Volum-mesura (ml)	Volum corregit (ml)	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)	
T0.1	25.027	2.905,3	2.905,3	25.027,0	0	Mitjana 23.741,8 Desviació 2.473,5	
T0.2		2.905,3	2.845,3		0		
T0.3	21.529	2.905,3	2.785,3	22.456,5	0		
T1.1	22.023	2.905,3	2.725,3	23.477,6	1	Mitjana 23.207,9 Desviació 633,5	
T1.2	20.914	2.905,3	2.665,3	22.797,2	1		
T1.3	20.938	2.905,3	2.605,3	23.349,0	1		
T2.1	24.382	2.905,3	2.905,3	24.382,0	0	Mitjana 23.039,8 Desviació 1.580,2	
T2.2	21.454	2.905,3	2.845,3	21.906,4	0		
T2.3	21.888	2.905,3	2.785,3	22.831,0	0		
T3.1	21.236	2.905,3	2.725,3	22.638,6	0,5	Mitjana 22.591,3 Desviació 468,5	
T3.2	20.318	2.905,3	2.665,3	22.147,6	0,5		
T3.3	20.614	2.905,3	2.605,3	22.987,7	0,5		
T4.1	19.782	2.905,3	2.545,3	22.579,9	1	Mitjana 22.381,7 Desviació 889,7	
T4.2	18.125	2.905,3	2.485,3	21.188,0	1		
T4.3	19.515	2.905,3	2.425,3	23.377,3	1		
Pèrdua T1-T0						2.25 %	533,80
Pèrdua 0,5						1.95 %	448,50
Pèrdua T2-T3						2.86 %	658,10

El següent assaig ja va reflectir el que seria la tendència de l'experiment. En la taula 5 es pot veure que en la primera mesura la pèrdua de gas és negativa, això és degut a que en la mesura T0.2 el valor de etilè és molt baix en relació a les altres dos i fa baixar la mitja. Això pot ser degut a un error del cromatògraf o al mal estat del vial on es guarda el gas. Tot i així la mesura va donar molt pròxima als Resultats de inici i final, això ja ens fa pensar en la viabilitat de l'estudi.

En el següent assaig es fa afegir una mostra al cap de mitja hora. Aquest fet ens va reflectir una pèrdua de aproximadament el 3% d'etilè . Podem donar per bons aquests primers resultats ja que s'ha pogut corregir el error comés en extreure aire en la mesura.

Taula 6: Resultats obtinguts en el quart assaig de viabilitat

Quart assaig							
Mostra	Valor crom.	Volum (ml)	Volum-mesura (ml)	Volum corregit (ml)	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)	
T0.1	24.487	2.905,3	2.905,3	24.487	0	Mitjana 23.244,2	
T0.3	21.547	2.905,3	2.845,3	22.001,4	0	Desviació 2.078,9	
T1.1	21.810	2.905,3	2.785,3	22.749,6	1	Mitjana 21.696,0 Desviació 1.917,3	
T1.2	18.179	2.905,3	2.725,3	19.379,7	1		
T1.3	21.062	2.905,3	2.665,3	22.958,6	1		
					Pèrdua T1-T0	6.66 %	1.548,20

En la 4^a mesura, la mostra de T0.2 era errònia i va ser descartada, com es pot veure en la Taula 6, la pèrdua va ser del 6,66%.

Taula 7: Resultats obtinguts en el cinquè assaig de viabilitat

Cinquè assaig							
Mostra	Valor crom.	Volum (ml)	Volum-mesura (ml)	Volum corregit (ml)	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)	
T0.1	25.761	2.905,3	2.905,3	25.761,0	0	Desviació 1.657,0 Mitjana 24.376,1	
T0.2	22.627	2.905,3	2.845,3	23.104,1	0		
T0.3	23.261	2.905,3	2.785,3	24.263,2	0		
T1.1	21.110	2.905,3	2.725,3	22.504,3	1	Desviació 2.054,4 Mitjana 25.625,4	
T1.2	24.814	2.905,3	2.665,3	27.048,4	1		
T1.3	24.502	2.905,3	2.605,3	27.323,4	1		
					Pèrdua T1-T0	-5.12 %	-1.249,30

En el 5^è assaig (Taula 7) el valor de pèrdua va donar negatiu, fet provocat segurament per la primera mesura de T1 (T1.1) ja que s'allunya molt dels altres dos resultats obtinguts. Després de realitzar un anàlisi estadístic amb GraphPad Software, outlier calculator, es va determinar que el

valor era vàlid. El test de Grubbs ens va permetre deduir que tot i estar allunyat de la resta de valors, no era un valor significativament diferent de la resta ($Z = 1,52552$; $P > 0,05$).

Taula 8: Resultats obtinguts en el sisè assaig de viabilitat

Sisè assaig						
Mostra	Valor crom.	Volum (ml)	Volum-mesura (ml)	Volum corregit (ml)	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)
T0.1	36.145	2.905,3	2.905,3	36.145	0	Mitjana 34.706 Desviació 3.322,6
T0.2	35.726	2.905,3	2.845,3	36.479,4	0	
T0.3	30.192	2.905,3	2.785,3	31.492,8	0	
T1.1	31.296	2.905,3	2.725,3	33.363,0	1	Mitjana 32.489 Desviació 1.288,9
T1.2	29.168	2.905,3	2.665,3	31.794,5	1	
T1.3	28.972	2.905,3	2.605,3	32.308,1	1	
					Pèrdua T1-T0	6.39 % 2.217,20

Setè assaig						
Mostra	Valor crom.	Volum (ml)	Volum-mesura (ml)	Volum corregit (ml)	Temps (h)	Estadístics descriptius (ml)
T0.1	37.793	2.905,3	2.905,3	37.793,0	0	Desviació 3.687,1 Mitjana 35.148,5
T0.2	30.488	2.905,3	2.845,3	31.130,9	0	
T0.3	35.013	2.905,3	2.785,3	36.521,5	0	
T1.1	31.772	2.905,3	2.725,3	33.870,5	1	Desviació 476,2 Mitjana 34.039,4
T1.2	30.981	2.905,3	2.665,3	33.770,7	1	
T1.3	30.917	2.905,3	2.605,3	34.477,1	1	
					Pèrdua T1-T0	3.16 % 1.109

Taula 9: Resultats obtinguts en el setè assaig de viabilitat

Els dos últims assaigs (Taulas 8 i 9) els resultats de pèrdua no s'allunyaren del 5%.

Per últim es va fer la mitjana de tots els assajos realitzats en l'estudi, que es mostren a la taula 10.

Taula 10: Mitjana dels resultats obtinguts en tots els assajos de viabilitat

General	Mitjana valor cromatògraf	Desviació estàndard
T0	27.861,40	6.098
T1	26.573,20	4.855
Pèrdua (%)	4.62	2.42

En general, fent les mitjanes de les mesures considerades com a vàlides en l'experiment a l'inici i al cap de 1h, es pot concloure que la pèrdua general del recipient ha sigut del 4,62%. Degut a que no s'ha pogut realitzar més mesures per problemes de temps, es van considerar vàlides les que ja es tenien. En general obtenir una pèrdua com a mitjana del 4,62% és un resultat molt prometedor, tenint en compte que també s'ha obtingut valors pròxims al 1%.

El mètode actual utilitzat en el centre d'investigació CRAG presenta uns possibles errors a l'hora de retenir l'etilè que fan que la posterior mesura o detecció tingui un error no quantificable. En primer lloc, aquest mètode no és un procés igual per a cada meló, és a dir, tal com s'ha explicat el mètode de muntatge en planta, degut a que és un procés amb diferents passos fa que cada bossa estigui muntada de diferent forma ja que es deu a l'error humà. Els possibles errors per cada part del mètode actual es veuen reflectits a la taula 11 comparant-los amb els possibles errors comesos a l'hora de emmagatzemar l'etilè de la forma proposada en el present treball.

Taula 11: Comparació de possibles errors segons el mètode de recollida d'etilè

Possibles errors de mesura			
Mètode actual		Mètode proposat	
Part	Error	Part	Error
Unió bossa de plàstic i la tija	La unió d'aquestes parts es fixa amb cinta adhesiva i pot no estar del tot ajustada a la tija	Unió de la tija amb el contenidor	Pot ser que el diàmetre no s'ajusti exactament al de la tija de la planta
Segellament de la bossa de plàstic	El segellat realitzat pot contenir forats per on l'aire surti degut a la pressió de dins la bossa	Material imprès	Pot haver-hi errors d'impressió en el prototip
Tub per introduir l'aire	Igual que en el primer cas, pot haver-hi una mala fixació del tub amb la cinta adhesiva i la tija		
Pressió de la bossa de plàstic	La injecció d'aire a dins la bossa on està situat el meló augmenta la pressió dins d'aquesta i fa que surti més quantitat d'aire per igualar la pressió atmosfèrica		

6.- CONCLUSIONS

Un cop realitzada la comprovació de la utilitat del disseny desenvolupat, es pot concloure que:

1. No existeix un mètode estàndard per la mesura i detecció d'etilè durant la maduració del fruit en planta.
2. El mètode utilitzat en el CRAG resulta laboriós, lent i pot presentar nombrosos errors referents al muntatge de les bosses.
3. El mètode proposat per aquest treball redueix el temps de muntatge per a la detecció i mesura d'etilè en front el mètode utilitzat, ja que resulta més fàcil el seu ús i manipulació i per últim, es poden quantificar quasi tots els errors referents a la mesura, reflectits en els assajos de viabilitat del prototip presentat.

A. FUTURS TREBALLS

Ja que els resultats presentats indiquen una viabilitat del projecte, el següent pas en la fase de desenvolupament del prototip és la millora en l'estructura i impressió. A més de la millora pel que fa al prototip, s'hauria de realitzar més proves de viabilitat per poder concloure de forma més factible el funcionament del projecte

7.-BIBLIOGRAFIA

Articles científics

Burg, S., Burg, E. (1962). Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37: 179-189.

Cristescu, S., Mandon, J., Arslanov, D. , De Pessemier, C., Frans, H., Harren, J.M. (2012). Current methods for detecting ethylene in plants. *Ann. Bot.* 111: 347-360.

Gutiérrez, M.C. and Droguet, M. (2002) Identificación de compuestos volátiles por CG-MS. *Boletín INTEXTER (U.P.C.)* N° 122.

Hajšlová, J., Cajka, T. (2006). Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). En: Pico Y. (ed.) *Food toxicants analysis*. Ed. Elsevier, Oxford, pp 419–473

Janssen, S., Schmitt, K., Blanke, M., Bauersfeld, M.L., Wöllenstein, J., Lang, W. (2014). Ethylene detection in fruit supply chains. *Philos. Trans. A Math. Phys. Eng. Sci.* 372: 20130311

Maxie, E. C., Eaks, I. L., Sommer, N. F., Rae, H.L., El-Batal, S. (1965). Effect of gamma radiation on rate of ethylene and carbon dioxide evolution by lemon fruit. *Plant Physiol.* 40: 407-409.

Pathak, N., Asif, M.H., Dhawan, P., Srivastava, M.K., Nath, P. (2003) Expression and activities of ethylene biosynthesis enzymes during ripening of banana fruits and effect of 1-MCP treatment. *Plant Growth Regul.* 40: 11-19.

Pàgines web:

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/08/poliacido-lactico-pla.html> (consultada: 30/10/17)

<http://www.scai.uma.es/servicios/aqcm/ems/ems.html> (consultada: 4/12/17)

https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_polil%C3%A1ctico#/media/File:Polylactides_Formulae_V.1.svg (consultada: 4/11/17)

https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_por_deposici%C3%B3n_fundida (consultada: 4/11/17)

https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid#/media/File:PLA_from_lactic_acid_%26_lactide.png (consultada: 4/11/17)

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2733/5CROMGASES.pdf> (consultada: 4/12/17)

<https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/> (consultada 4/11/17)