



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Campus del Baix Llobregat



# Efecte dels tractaments d'aigua calenta i d'aire calent en la incidència de fongs i en la germinació d'hortalisses

Treball de fi de Grau  
Grau en Enginyeria Agrícola  
2017-2018

Autor: Adriana Ángel Martín

Supervisat per: Marijana Ivanek-Martincic i Jordi Comas

## Resum

Les patologies i malalties com els fongs, són dels factors que més negativament afecten les plantes, de vegades és necessari tornar a plantar. Aquestes patologies es poden suprimir a temps amb tractaments en llavor. A part, a causa del excés de productes químics per eliminar aquestes patologies, s'ha decidit provar per la via ecològica amb dos tractaments de calor (aigua calenta i aire calent), els quals s'ha demostrat la seva eficàcia anteriorment en altres treballs en certes llavors petites, especialment en cereals.

En aquest treball s'analitza l'eficàcia d'aquests dos tractaments ecològics. Com a hipòtesis, es planteja que en usar aquests tractaments es redueix la presència de fongs en les llavors de 12 espècies d'hortalisses diferents, però alhora es redueix la germinació. En el treball s'analitzen aquests dos aspectes en les llavors: incidència de fongs, germinació final i energia de germinació. Cada espècie tindrà una mostra control i els dos tractaments. Cada tractament té la mateixa temperatura, però humitats i durada diferent. Una vegada s'apliquen els tractaments es procedeix a fer la identificació i el recompte dels fongs en cada tractament i cada espècie. També es fa el recompte de les llavors germinades a curt termini i llarg termini. En el cas de la incidència de fongs les llavors estan en una cambra especial durant 10 dies, en el cas de la germinació el nombre de dies es variable segons la espècie.

En la majoria de cultius es pot observar una reducció d'*Alternaria alternata* i d'*Alternaria brassicicola* amb el tractament d'aigua. Hi ha altres cultius que amb algun dels tractaments augmenten la presència dels fongs, d'altres la redueixen, i d'altres fongs que només apareixen puntualment en alguns cultius específics amb un cert tractament. Els resultats ens demostren que la incidència dels fongs depèn de la espècie.

Es comparen els resultats obtinguts amb altres resultats d'altres treballs. Especialment s'intenta explicar perquè quan s'aplica el tractament d'aigua calenta es redueix la presència de *Alternaria alternata* i *Alternaria brassicicola*, mentre amb els altres fongs no es veu una reducció significativa.

Les dues hipòtesis són rebutjades, ja que en el cas dels fongs només es veu una reducció d'*Alternaria alternata* i *Alternaria brassicicola*. En el cas de les germinacions, quan s'aplica el tractament la germinació final no té cap efecte ni positiu ni negatiu, mentre que l'energia de germinació augmenta.

## Resumen

Las patologías y enfermedades como los hongos, son los factores que más negativamente afectan a las plantas, a veces es necesario volver a plantar. Estas patologías se pueden suprimir a tiempo con tratamientos en semilla. Aparte, debido al exceso de productos químicos para eliminar estas patologías, se ha decidido probar por la vía ecológica con dos tratamientos de calor (agua caliente y aire caliente), los cuales se ha demostrado su eficacia anteriormente en otros trabajos en ciertas semillas pequeñas, especialmente en cereales.

En este trabajo se analiza la eficacia de estos dos tratamientos ecológicos. Como hipótesis, se plantea que al usar estos tratamientos se reduce la presencia de hongos en las semillas de 12 especies de hortalizas diferentes, pero a la vez se reduce la germinación. En el trabajo se analizan estos dos aspectos en las semillas: incidencia de hongos, germinación final y energía de germinación.

Cada especie tendrá una muestra control y los dos tratamientos. Cada tratamiento tiene la misma temperatura, pero humedades y duración diferente. Una vez se aplican los tratamientos se procede a hacer la identificación y el recuento de los hongos en cada tratamiento y cada especie. También se hace el recuento de las semillas germinadas a corto plazo y largo plazo. En el caso de la incidencia de hongos las semillas están en una cámara especial durante 10 días, en el caso de la germinación el número de días es variable según la especie.

En la mayoría de cultivos se puede observar una reducción de *Alternaria alternata* y de *Alternaria brassicicola* con el tratamiento de agua. Hay otros cultivos que con alguno de los tratamientos aumentan la presencia de los hongos, otros la reducen, y otros hongos que sólo aparecen puntualmente en algunos cultivos específicos con cierto tratamiento. Los resultados nos demuestran que la incidencia de los hongos depende de la especie.

Se comparan los resultados obtenidos con otros resultados de otros trabajos. Especialmente se intenta explicar porque cuando se aplica el tratamiento de agua caliente se reduce la presencia de *Alternaria alternata* y *Alternaria brassicicola*, mientras con los otros hongos no se ve una reducción significativa.

Ambas hipótesis son rechazadas, ya que en el caso los hongos sólo se ve una reducción de *Alternaria alternata* y *Alternaria brassicicola*. En el caso de las germinaciones, cuando se aplica el tratamiento la germinación final no tiene ningún efecto ni positivo ni negativo, mientras que la energía de germinación aumenta.

## Abstract

Pathologies and diseases such as fungi, are the factors that most negatively affect plants, sometimes it is necessary to re-plant. These pathologies can be suppressed in time with seed treatments. In addition, due to the excess of chemical products to eliminate these pathologies, it has been decided to try the ecological route with two heat treatments (hot water and hot air), which has proved its effectiveness previously in other works in some small seeds, especially in cereals.

In this work, the effectiveness of these two ecological treatments is analyzed. As a hypothesis, it is considered that using these treatments there is a reduction of fungi's presence in the seeds of 12 different vegetable species, but at the same time, germination is reduced. In this work, these two aspects are analyzed in the seeds: incidence of fungi, final germination and germination energy.

Each species will have a control sample and the two treatments. Each treatment has the same temperature but different humidity and duration. Once the treatments are applied, the identification and counting of the fungi are carried out in each treatment and each species. The count of seed germinates is also done in the short and long term. In the case of the incidence of fungi the seeds are in a special chamber for 10 days, in the case of germination the number of days varies according to the species.

In the majority of crops we can see a reduction of *Alternaria alternata* and *Alternaria brassicicola* with the treatment of water. There are other cultures that with some of the treatments increase the presence of fungi, others reduce it, and other fungi that only appear on time in some specific crops with a certain treatment. The results show that the incidence of fungi depends on the species.

The results obtained with other results from other works are compared. Especially, it is attempted to explain why when the treatment of hot water is applied, the presence of *Alternaria alternata* and *Alternaria brassicicola* is reduced, whereas with other fungi there is not a significant reduction.

The two hypotheses are rejected, since in the case the fungi only see a reduction of *Alternaria alternata* and *Alternaria brassicicola*. In the case of germinations, when the treatment is applied, the final germination has no positive or negative effect, while the germination energy increases.

## Agraïments

He de donar les gràcies als meus dos tutors en aquest treball, Jordi Comas i Marijana Ivanek-Martincic per a la supervisió i seguiment. A Dijana Horvat, que m'ha ensenyat tot sobre els fongs i ha estat tot el temps al meu costat al laboratori, proporcionant-me tot el material necessari i ajudant-me amb totes les mostres. També a Monica Blanco per ajudar-me a entendre el món estadístic una mica més.

Gràcies a Krizevci i al Col·legi d'Agricultura per tota l'experiència. Finalment, he d'agrair a tots els meus amics i la família que em donin suport durant aquest difícil procés, especialment a Rachel.

## Antecedents

Durant la meua estada Erasmus a Croàcia, al Krizevci College of Agriculture, he tingut l'oportunitat de fer aquest projecte que em va semblar molt interessant, ja que em va permetre aprendre més sobre l'aplicació de tractaments orgànics. La part experimental d'aquest projecte es va dur a terme al laboratori de qualitat de llavors. El projecte s'ha desenvolupat en col·laboració amb la UPC i Agricultural Collage of Krizevci. El treball es presenta de la manera següent:

En primer lloc, una breu introducció sobre el problema actual de l'agricultura convencional i les possibles solucions que l'agricultura orgànica pot proporcionar, seguit d'una explicació dels dos tractaments realitzats en l'experiment i de les hipòtesis plantejades en aquest treball. El material i els mètodes expliquen de manera detallada el procés que s'ha seguit amb cadascun dels tractaments, com es realitza la identificació de fongs i l'avaluació de la germinació. A la secció de resultats, primer es presenten els resultats de la incidència de fongs espècie per espècie. A continuació, la interacció de cada espècie d'hortalissa amb cada tractament per a cada fong. En segon lloc, es presenten els resultats de la germinació final i l'energia de germinació per a cada espècie i la interacció entre espècies i tractaments per a la germinació final i l'energia de germinació. Es fa una discussió sobre els resultats obtinguts, i els nostres resultats es comparen amb els resultats d'altres treballs similar sempre que sigui possible. Finalment a conclusions, les hipòtesis plantejades són acceptades o rebutjades.

## SUMARI

1. Introducció .....	10
1.1 Impacte dels pesticides convencionals sobre el medi ambient.....	10
1.2 Alternatives que ofereix l'agricultura ecològica .....	10
1.3 El projecte STOVE.....	10
1.4 Tractament d'aigua calenta.....	11
1.5 Tractament d'aire calent.....	12
1.6 Tractament d'electrons .....	12
2. Hipòtesis.....	13
3. Materials i mètodes.....	14
3.1 Tractaments .....	14
3.1.1 Tractament d'aigua calenta.....	14
3.1.2 Tractament d'aire calent.....	15
3.2 Avaluació de la incidència de fongs.....	15
3.2.1 Nombre de repeticions .....	15
3.2.2 Identificació dels fongs .....	16
3.3. Avaluació de la germinació i l'energia de germinació.....	16
3.3.1 Nombre de repeticions .....	17
3.3.2 Preparació del test de germinació.....	17
4. Resultats.....	20
4.1 Incidència dels fongs per a cada espècie.....	20
4.2 Interacció entre el tractament i les espècies de llavors per a cada fong.....	30
4.3 Efecte dels tractaments en la germinació final i l'energia de germinació en cada espècie.....	44
4.4 Interacció entre el tractament i les espècies per a la germinació final.....	55
4.5 Interacció entre el tractament i les espècies per l'energia de germinació.....	57
5. Discussió .....	59
5.1 Discussió sobre els fongs .....	59
5.2 Discussió de la germinació final i l'energia de germinació .....	60
6. Conclusions.....	62
7. Bibliografia.....	63

## Sumari de taules

TAULA 1: DURACIÓ DEL TRACTAMENT PER CADA CULTIU EN EL TRACTAMENT D'AIGUA CALENTA .....	15
TAULA 2: NOMBRE TOTAL DE LLAVORS UTILITZADES EN LA PROVA DE GERMINACIÓ SEGUINT LES NORMES DE LA ISTA. ....	17
TAULA 3: CONDICIONS PARTICULARS DE CADA ESPÈCIE A L'HORA DE PREPARAR LES MOSTRES PEL TEST DE GERMINACIÓ .....	18
TAULA 4: NÚMERO DE DIES DEL PERÍODE CURT I LLARG PER A CADA ESPÈCIE SEGUINT LES NORMES DEL ISTA. ....	19
TAULA 5: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN ALTERNARIA ALTERNATA. ....	31
TAULA 6: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN FUSARIUM OXYSPORUM. ....	33
TAULA 7: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN FUSARIUM OXYSPORUM. ....	35
TAULA 8: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN EPICOCCUM. ....	36
TAULA 9: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN STEMPHYLIUM. ....	38
TAULA 10: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN STREPTOMYCES. ....	39
TAULA 11: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN PENICILLIUM. ....	41
TAULA 12: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN ALTERNARIA BRASSICOLA. ....	42
TAULA 13: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN LA GERMINACIÓ FINAL .....	56
TAULA 14: SEPARACIÓ DE MITJANES MITJANÇANT TUKEY PER A LA INTERACCIÓ ENTRE LLAVOR I TRACTAMENT EN L'ENERGIA DE GERMINACIÓ. ....	58

## Sumari de figures

FIGURA 1: ESQUEMA DEL NOMBRE DE REPETICIONS I LLAVORS PER A CADA TRACTAMENT I MOSTRA CONTROL .....	15
FIGURA 2: INCIDÈNCIA DEL FONGS EN ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE PASTINACA SATIVA. ....	20
FIGURA 3: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE DAUCUS CAROTA. ....	21
FIGURA 4: INCIDÈNCIA DELS FONGS TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE SOLANUM LYCOPERSICUM. ....	22
FIGURA 5: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE PETROSELINUM CRISPIUM. ....	22
FIGURA 6: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE APIUM GRAVEOLENS. ....	23
FIGURA 7: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE CAPSICUM SPP (PEBRE VERMELL) .....	24
FIGURA 8: INCIDÈNCIA DE FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE CAPSICUM SPP (PEBRE PICANT) .....	25
FIGURA 9: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE LACTUCA SATIVA. ....	26
FIGURA 10: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS ALLIUM PORUM .....	27
FIGURA 11: INCIDÈNCIA DE FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE BRASSICA OLERACEA (COL). ....	27
FIGURA 12: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN TOTS ELS TRACTAMENTS EN LES LLAVORS DE BRASSICA OLERACEA (COLIFLOR) .....	28
FIGURA 13: INCIDÈNCIA DELS FONGS EN LES LLAVORS DE CUCURBITA PEPO. ....	29
FIGURA 14: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN ALTERNARIA ALTERNATA. ....	31
FIGURA 15: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN FUSARIUM OXYSPORUM .....	33
FIGURA 16: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS PER CLADOSPORIUM. ....	35
FIGURA 17: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN EPICOCCUM. ....	37
FIGURA 18: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN STEMPHYLIUM. ....	38
FIGURA 19: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN STREPTOMYCES. ....	39
FIGURA 20: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN PENICILLIUM .....	41
FIGURA 21: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE BRASSICA OLERACEA SPP I TRACTAMENTS EN ALTERNARIA BRASSICOLA. ....	43
FIGURA 22: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN PASTINACA SATIVA. ....	44



FIGURA 23: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN DAUCUS CAROTA. ....	45
FIGURA 24: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN SOLANUM LYCOPERSICUM. ....	46
FIGURA 25: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN PETROSELINUM CRISPUM.....	47
FIGURA 26: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN APIUM GRAVEOLENS. ....	48
FIGURA 27: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN CAPSICUM SPP (PEBRE VERMELL). ....	49
FIGURA 28: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN CAPSICUM SPP (PEBRE PICANT). ....	50
FIGURA 29: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN LACTUCA SATIVA. ....	51
FIGURA 30: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN ALLIUM PORUM. ....	52
FIGURA 31: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN BRASSICA OLERACEA (COL).....	53
FIGURA 32: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN BRASSICA OLERACEA (COLIFLOR).....	54
FIGURA 33: MITJANA DE LA GERMINACIÓ FINAL I ENERGIA DE GERMINACIÓ EN CUCURBITA PEPO.....	54
FIGURA 34: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS EN LA GERMINACIÓ FINAL.....	57
FIGURA 35: FIGURA D'INTERACCIÓ ENTRE TOTES LES ESPÈCIES I TRACTAMENTS PER L'ENERGIA DE GERMINACIÓ .....	58

## Sumari d'il·lustracions

IL·LUSTRACIÓ 1: CONIDIS D'ALTERNARIA ALTERNATA VIST DES DEL MICROSCOPI .....	32
IL·LUSTRACIÓ 2: CONIDIS DE FUSARIUM OXYSPORUM VIST EN EL MICROSCOPI.....	34
IL·LUSTRACIÓ 3: LLAVOR INFECTADA PER CLADOSPORIUM. ....	36
IL·LUSTRACIÓ 4: LLAVOR INFECTADA PER EPICOCUM.....	37
IL·LUSTRACIÓ 5: LLAVOR INFECTADA PER STREPTOMYCES .....	40
IL·LUSTRACIÓ 6: LLAVOR INFECTADA PER RHIZOPUS .....	40
IL·LUSTRACIÓ 7: CONIDI DE PENICILLIUM VIST AMB EL MICROSCOPI.....	42
IL·LUSTRACIÓ 8: CONIDI D'ALTERNARIA BRASSICOLA VIST AMB EL MICROSCOPI .....	43

# 1. Introducció

## 1.1 Impacte dels pesticides convencionals sobre el medi ambient.

Les malalties de les llavors són una amenaça important per al rendiment i la qualitat dels cultius. Avui en dia, en la lluita per controlar aquest tipus de malalties, es tracten grans quantitats de llavors amb pesticides químics. Els impactes ecològics de l'agricultura són coneguts; s'ha descobert un ús extensiu dels pesticides que presenten riscos de contaminació en el medi ambient amb conseqüències a vegades conegudes i a vegades mal conegudes. No només per deixar residus en els productes alimentaris i influir negativament en la salut de les persones que treballen regularment amb ells, sinó també els efectes sobre les poblacions de les abelles silvestres i les conseqüències posteriors de la contaminació. Una altra restricció és el desenvolupament de la resistència dels patògens als compostos químics utilitzats comunament. Un dels majors reptes per als ecologistes i biòlegs de conservació en els últims anys ha estat comprendre l'impacte dels sistemes agrícoles establerts i nous sobre biodiversitat.

## 1.2 Alternatives que ofereix l'agricultura ecològica.

A causa de l'ús incontrolat de productes químics, l'agricultura ecològica, que té com a principal objectiu respectar el medi ambient i la fertilitat del sòl sense l'aplicació de productes químics sintètics, ha anat guanyant força durant les últimes dècades, augmentant la demanda pública de mètodes no químics de control de plagues i malalties vegetals dels consumidors, polítics, organitzacions ambientals, etc.

Especialment en l'agricultura ecològica hi ha una gran demanda d'alternatives als productes químics, degut a la manca de mètodes eficients per controlar les malalties, en especial en llavors. Quan es basa en llavors produïdes per orgànics, l'agricultura ecològica té problemes greus. A causa d'això, només un petit percentatge de totes les llavors certificades es produeix seguint les regles de l'agricultura orgànica (EEG, 1991, modificada per EEG, 1999) segons les normes de la Unió Europea.

Una manera de resoldre aquests problemes és mitjançant el tractament biològic de llavors o mètodes físics, com ara escombrar les espores fúngiques a partir de llavors, ja proposades en 1755 per Tillet o per diferents tipus d'irradiació o tractaments tèrmics (Maude, 1996). El tractament de llavor tèrmic s'ha aplicat de moltes maneres diferents. Una forma simple de tractament tèrmic és la solarització, on les llavors s'escalfen per irradiació del sol (Luthra i Sattar, 1934; Luthra, 1953), que a vegades s'aplica en països càlids però no té cap interès en l'agricultura industrial a causa de la baixa precisió i la dificultat quant a l'aplicació a gran escala. El tractament de feix d'electrons desenvolupat recentment (Röder, 2004) ha estat comercialitzat a Alemanya com a tractament orgànic en llavors de cereals. La irradiació radioactiva, en alguns casos, també s'ha notificat que és exitosa (Cuero *et al.*, 1986; Bagegni *et al.*, 1990), però no ha estat àmpliament utilitzada pel fet que les exposicions suficients per controlar els patògens sovint poden matar les llavors. Hi ha altres tractaments orgànics que han inhibit el creixement de fongs sobre llavors de soja que estaven mal infectades, com ara l'aplicació d'arbre de te, coco i llimona (Burgett, 2015).

## 1.3 El projecte STOVE.

La producció de llavors lliures de patògens és un objectiu important en l'agricultura ecològica. En el marc del projecte STOVE (Tractaments de llavors per a la producció vegetal ecològica), es

van investigar mètodes físics i biològics de tractament de llavors, sols i combinats, en diferents sistemes vegetals i patògens. Actualment, s'analitzen els mètodes físics disponibles per controlar els patògens vegetals transmesos per la llavor, amb l'objectiu de millorar-los. Les llavors per a la producció ecològica s'han de produir orgànicament. Mentre que en la producció vegetal convencional es permeten els tractaments de llavors químiques per controlar o reduir almenys els patògens fúngics, els productors de llavors orgàniques i els productors d'hortalisses pràcticament no tenen cap mètode eficaç per a la sanejament de llavors a la mà. L'objectiu del projecte STOVE és avaluar diferents mètodes potencialment adequats per al tractament de llavors d'hortalisses en agricultura ecològica quant a la seva eficàcia, com optimitzar aquests mètodes i en quins casos és factible combinar mètodes tant físics com biològics. Hi ha tres mètodes físics, aigua calenta, aire humit calent i tractament d'electrons. En el passat, el tractament amb aigua calenta s'ha utilitzat amb freqüència per el sanejament de les llavors de cereals contaminades. S'han desenvolupat tractaments amb tractaments de calor, humitat d'aire i d'electrons per al mateix propòsit. Aquests mètodes, que sovint s'utilitzen per al cereal, es troben actualment en fase introductòria o ja estan en ús pràctic. STOVE però, va investigar l'aplicació d'aquests tractaments per a llavors vegetals, que van provocar un control de moderat a bo de les malalties respectives. Les propietats de les malalties tenen un paper important per a la disposició dels experiments i l'avaluació de la malaltia.

El que tots els mètodes físics tenen en comú és que poden tenir efectes adversos sobre les llavors si s'apliquen a una intensitat excessiva. Com a resultat, la germinació pot disminuir en lloc d'augmentar. Per això, es recomana a les empreses de llavors que només utilitzin llavors madures, ja que són més resistents.

S'han realitzat experiments en hivernacle i en el camp però mai en plaques petri. Els resultats obtinguts per aquests experiments demostren que l'eficàcia dels tractaments biològics sovint és millor en condicions controlades que en el camp.

#### 1.4 Tractament d'aigua calenta.

Alguns patògens vegetals penetren i sobreviuen dins de la llavor, fins i tot quan apliquem alguns tractaments específics de llavors. El tractament d'aigua calenta s'ha utilitzat amb freqüència per al sanejament de les llavors de cereals contaminades i el seu ús està ben establert. En els últims anys, aquest tractament ha estat provat en llavors vegetals. Al segle XIX, Jensen (1888) va descobrir que el tractament d'aigua calenta en llavors és un mètode eficient per al sanejament dels patògens transmesos per la llavor, però, el tractament convencional d'aigua calenta és laboriós a causa del posterior assecat que és molt exigent energèticament. A la segona meitat del segle XX, el tractament d'aigua calenta es va veure desplaçat per l'aplicació de productes químics més efectius. Aquest mètode va caure en l'oblit i, a causa d'aquesta nova tendència d'aplicació de productes químics, aquest mètode no es va ampliar a altres camps i cultius.

Els tractaments de llavor d'aigua calenta són efectius perquè l'aigua s'emmarca en la llavor durant un breu temps, i mata organismes causants de malalties, sense matar la mateixa llavor. En general, funciona millor amb llavors petites com *Daucus carota*, *Brassica oleracea*, *Apium graveolens*, *Petroselinum crispum* i *Lactuca sativa* (Eva Nega et al., 2002), i aquest tractament pot millorar la defensa contra malalties com *Alternaria spp*, *Fusarium* i *Verticillium* ( Frank Morton, Tom Stearns; 2016)

Cal tenir en compte la temperatura i la durada del tractament per a cada cultiu vegetal. L'objectiu és eliminar al màxim els patògens sense disminuir la germinació de les llavors; ja que aquest tractament pot causar una reducció de vigor. El tractament d'aigua calenta no s'ha de fer més d'una vegada, però de fet té efectes beneficiosos donant lloc a una germinació més ràpida

que les llavors no tractades. Aquest tractament s'utilitza més comunament que altres tractaments tèrmics.

### 1.5 Tractament d'aire calent.

El procés de transferència de calor i humitat entre el tractament de l'aire i la llavor consisteix en una calefacció ràpida amb aire humit per un breu temps, immediatament seguida d'un refredament ràpid. Aquest procés dona un escalfament parcialment selectiu de les capes externes de la llavor on la majoria dels patògens importants de la llavor de cereals es troben (Forsberg, 2004). Per tant, podem concloure que l'efecte dels tractaments de sanejament tèrmic es basa en el principi que els patògens són sensibles a la calor. S'han desenvolupat aplicacions comercials amb vapor aerostàtic per al tractament de llavors de *Lobelia* contra la infecció *Alternaria spp.* El sanejament de les llavors contra les malalties per tractament tèrmic és possible en els casos en què els patògens tenen una menor tolerància a les altes temperatures que les llavors infectades.

Aquest mètode de tractament es va avaluar en experiments extensius en sis països europeus diferents i es va arribar a la conclusió que el mètode és capaç de controlar la majoria de les malalties transportades per llavors de cereals, igual que els resultats de l'adobament de llavors amb químics, amb l'única excepció de les llavors en què el patògen es troba profundament dins de la llavor. Encara que aquest tractament també pot reduir la germinació, té menys efectes adversos en l'emergència de la germinació de les llavors que el tractament d'aigua calenta (Mebalds *et al.*, 1996). El mètode també pot controlar moltes malalties importants derivades de la llavor en altres cultius com a vegetals, però en alguns pocs tipus d'espècies com *Brassica oleracea*, *Solanum lycopersicum*, *Daucus carota* i *Capsicum spp.*

### 1.6 Tractament d'electrons

El tractament de les llavors amb electrons accelerats és un mètode modern, mètode respectuós amb el medi ambient que funciona sense cap ingredients químics. Els patògens són completament destruïts sense danyar l'endosperma i l'embrió a la llavor. L'ús d'aquesta tecnologia moderna ofereix protecció al consumidor i també és adequat per ser utilitzat com a tractament orgànic. El tractament d'electrons funciona contra tots els patògens que són dins i sobre la llavor. Això vol dir que no només els patògens es destrueixen, sinó que també hi ha una protecció duradora aconseguint interrompre la cadena d'infecció eliminant microorganismes nocius com bacteris i virus (Weidauer, 2015).

El tractament amb electrons de llavors consisteix en aplicar tensions elèctriques elevades entre càtode i ànode, s'emeten electrons des del càtode i s'acceleren en la direcció de la finestra de sortida d'electrons per la diferència de la càrrega elèctrica.

Per realitzar aquest procés cal una maquinària específica i més complexa de la que requereixen es altres tractaments, per tant el tractament d'electrons queda descartat ja que al laboratori no es disposa del material adequat.

## 2. Hipòtesis

Les hipòtesis que es van a provar en aquest assaig són, , que mitjançant l'ús de tractament d'aigua calenta o tractament d'aire calent:

1. La incidència de fongs es redueix.
2. L'energia de la germinació i la germinació disminueixen.

Aquestes hipòtesis es plantegen tenint en compte el projecte STOVE i d'altres que es citen a la bibliografia, ja que es demostra que utilitzant aquests tractaments la incidència dels fongs es redueix en les llavors. Tot i això, no s'han provat els tractaments en totes les espècies que van ser utilitzades en aquests experiments. Tampoc s'ha provat en plaques de petri.

L'objectiu principal del treball doncs, va ser provar si amb aquets dos tractaments, on la temperatura tant de l'aire com de l'aigua va ser de 50°C, redueixen la incidència dels fongs.

### 3. Materials i mètodes.

L'experiment es va dur a terme a Krizevci College of Agriculture, Croàcia, al laboratori per al control de la qualitat de llavors. <http://www.vguk.hr/?task=group&gid=1&aid=132>

Per dur a terme aquesta experiment, es van escollir llavors de dotze hortalisses diferents. Totes les llavors van ser subministrades des de l'empresa Marcone, totes les espècies utilitzades per a l'experiment es descriuen al catàleg de la web de Marcone. Les espècies d'hortalisses que es van utilitzar en l'experiment són: *Pastinaca sativa*, *Daucus carota*, *Solanum lycopersicum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, *Capsicum spp* (pebre vermell i pebre picant), *Lactuca sativa*, *Allium porum*, *Brassica oleracea spp* (col i coliflor) i *Cucurbita pepo*.

Aquest experiment va seguir les regles de l'ISTA (International Seed Testing Association).

Aquests experiments s'han realitzat en condicions tancades, per garantir que les condicions ambientals, com la humitat i la temperatura, siguin iguals per a totes les llavors.

#### 3.1 Tractaments

L'experiment en si consisteix a fer dos tractaments: tractament d'aigua calenta i tractament d'aire calent. També, una mostra de control per comparar els resultats sense tractament que s'utilitza com a referència.

##### 3.1.1 Tractament d'aigua calenta.

Es van seguir els següents passos per fer el tractament:

Primer, es van pesar 3 grams per les llavors més petites (*Daucus carota*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, *Lactuca sativa*, *Allium porum*, *Brassica oleracea*) i 5 grams per a llavors més grans (*Pastinaca sativa*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum spp.*), i 20 grams per *Cucurbita pepo*, ja que les llavors són molt més grans. Una vegada les llavors estaven pesades, cada espècie va ser introduïda en una bossa de cotó.

Després, es van omplir dotze vasos de precipitat amb 30 mL d'aigua destil·lada, i es van introduir a l'interior de l'estufa a 50°C durant una hora amb l'objectiu de que l'aigua s'escalfés fins la temperatura establerta. Una vegada l'aigua havia arribat als 50°C, es van submergir les bosses de cotó amb les llavors als vasos de precipitat, i es van tornar a introduir a l'estufa.

Les normes del ISTA (International Seed Testing Association) especifiquen que per tal de realitzar aquest tractament s'han d'utilitzar temps diferents per a cada espècie. El temps varia entre 20-30 minuts segons l'espècie.

Vam esperar 20 minuts per: *Daucus carota*, *Petroselinum crispum*, *Brassica oleracea* (coliflor), 25 minuts per: *Pastinaca sativa*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum spp*, *Allium porum*, *Brassica oleracea* (col), i 30 minuts : *Apium graveolens*, *Lactuca sativa*, i *Cucurbita pepo*. El temps precís de cada cultiu es mostra a la taula 1.

En finalitzar el procés, vam treure els vasos de l'estufa i les bosses de cotó amb les llavors dels vasos de precipitat. Les bosses de cotó van ser refrigerades en un bany d'aigua neta i freda durant deu minuts a 20°C. Per últim, es van extreure les llavors de les bosses de cotó, i es van estendre sobre paper sec i net per tal de que es refredessin i s'assequessin i s'aconsegüís la temperatura ambient.

Taula 1: Duració del tractament per cada cultiu en el tractament d'aigua calenta

Espècies	Duració del tractament (minuts)
<i>Pastinaca sativa</i>	25
<i>Daucus carota</i>	20
<i>Solanum lycopersicum</i>	25
<i>Petroselinum crispum</i>	20
<i>Apium graveolens</i>	30
<i>Capsicum spp</i> (pebre vermell)	25
<i>Capsicum spp</i> (pebre picant)	25
<i>Lactuca sativa</i>	30
<i>Allium porum</i>	25
<i>Brassica oleracea</i> (col)	25
<i>Brassica oleracea</i> (coliflor)	20
<i>Cucurbita pepo</i>	30

### 3.1.2 Tractament d'aire calent.

Amb l'objectiu de desenvolupar aquest tractament, es van seguir aquests passos:

Primer es van pesar les llavors a la balança: 3 grams per llavors més petites (*Daucus carota*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, *Lactuca sativa*, *Allium porum*, *Brassica oleracea*), 5 grams per a llavors més grans (*Pastinaca sativa*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum spp.*) i 20 grams per *Cucurbita pepo*. Una vegada les llavors es van pesar, es va col·locar cada espècie en una placa petri. Totes les plaques petri van ser introduïdes a la cambra de cultiu, a 50°C i 70% d'humitat relativa durant 3 hores. Finalment, les plaques petri amb les llavors es van treure de la cambra de cultiu. Van esperar 30 minuts fins que les llavors van aconseguir la temperatura ambient per si mateixes.

### 3.2 Avaluació de la incidència de fongs.

Seguidament, es fa una explicació detallada de com es va fer l'avaluació de la incidència de fongs.

#### 3.2.1 Nombre de repeticions

Hi va haver dues repeticions per a cada tractament i la mostra control, que consistia en 50 llavors per repetició. El nombre de llavors i repeticions van ser iguals per a totes les espècies excepte *Cucurbita pepo*, que tenia 5 repeticions i constava de 20 llavors per mostra, ja que les llavors són molt més grans.

La figura 1 mostra un esquema de nombre de repeticions en la prova d'incidència de fongs:

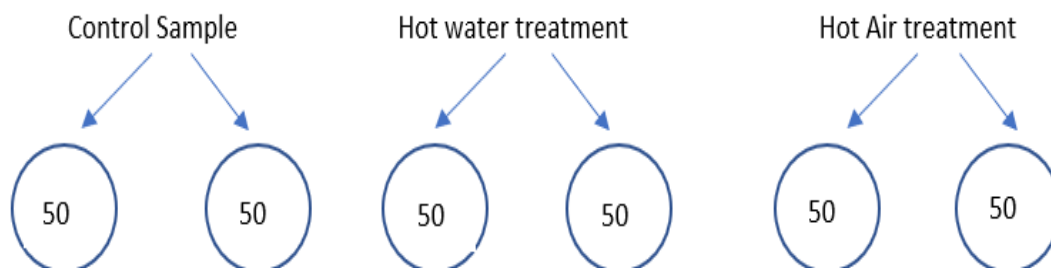


Figura 1: Esquema del nombre de repeticions i llavors per a cada tractament i mostra control

### 3.2.2 Identificació dels fongs

Les llavors de cada espècie es van col·locar en una placa petri amb un paper de filtre i humitejat amb aigua destil·lada. Posteriorment, les plaques petri es van col·locar a una cambra específica durant deu dies, on la temperatura, la humitat relativa eren 20,1°C, 50% respectivament. Després de deu dies es van retirar les plaques petri de la cambra i es van fer les observacions següents:

#### 1. Identificació prèvia dels fongs:

1.1 Les mostres es van analitzar a la lupa x40 (ZEISS, Stemi, 2000-c), per veure si hi havia alguna llavor infectada. Una primera identificació es va fer seguint els criteris de: "Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi".

#### 2. Confirmació d'identificació de fongs

En cas de trobar llavors infectades a la lupa, es va preparar una mostra en un portaobjectes per mirar-la en el microscopi (ZEISS, Axiolab).

2.1 Per preparar la mostra, es va afegir una gota d'aigua destil·lada a sobre del portaobjectes. Després amb cura amb un punxó, vam prendre part del miceli de la llavor infectada. Una vegada que vam tenir el miceli en el punxó, el vam posar sobre la gota d'aigua i es va cobrir amb un cobreobjectes. Per a la confirmació d'infeccions per fongs, hem utilitzat els criteris del llibre abans esmentat, i "The use of genera".

#### 3. Anàlisi estadística

En la primera part dels resultats, es va fer el recompte dels fongs en cada repetició, espècie per espècie. Posteriorment es fa la mitjana dels fongs en cada tractament. Es va seguir el mateix procediment per totes les espècies d'hortalisses. És presenta la incidència com a mitjana del percentatge.

En el cas de veure a simple vista una diferència considerable de la incidència del fong entre tractaments, es va fer una prova estadística ANOVA d'una variable per tal d'avaluar comparativament els resultats, i veure si hi havia diferències significatives, amb la intenció de veure si el tractament és eficaç en aquesta determinada espècie. Abans d'aplicar ANOVA es comprova la igualtat de variàncies. El factor de l'ANOVA són els tractaments (control, aigua calenta i aire calent), la variable és la incidència del fong. En cas de que el resultat sigui significatiu s'aplica la separació de mitjanes.

En la segona part dels resultats s'estudia la interacció, tenint en compte dos factors (espècie i tractament) i la incidència dels fongs. En aquest cas es fa una prova estadística ANOVA de dues variables per veure si la interacció és significativa o no. La variable resposta és la incidència del fong, i els factors són les espècies i els tractaments i la interacció d'aquestes dues. La intenció d'aquesta ANOVA de dues variables és veure si realment la incidència del fong varia en funció de cada espècie d'hortalissa, és a dir si la incidència del fong depèn de la espècie en concret. En les dues proves el nivell de significació alfa ( $\alpha$ ) és 0,05 (5%).

En cas que la interacció sigui significativa, es fa una separació de mitjanes utilitzant Tukey, per tal de veure quina és la espècie i el tractament que més incidència té de cada fong.

### 3.3. Avaluació de la germinació i l'energia de germinació.

A continuació s'explica detalladament com es va fer l'avaluació de la germinació i l'energia de germinació.



### 3.3.1 Nombre de repeticions

Es van realitzar 4 repeticions per a la prova de germinació. Per a les llavors grans com *Pastinaca sativa*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum spp* i *Cucurbita pepo*, el nombre de llavors era de 50 per repetició. Per les llavors petites com *Daucus carota*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, *Lactuca sativa*, *Allium porum*, *Brassica oleracea*, el nombre de llavors per repetició va ser de 100. La taula 2 mostra el total de llavors utilitzades per a cada prova segons les normes de la ISTA (International Seed Testing Association).

Taula 2: Nombre total de llavors utilitzades en la prova de germinació seguint les normes de la ISTA.

Espècies de vegetals/varietat	Test de germinació (nombre de llavors)
<i>Pastinaca sativa</i> / Podravkin bijeli	200
<i>Daucus carota</i> / Nantes	400
<i>Solanum lycopersicum</i> / Saint Piere	200
<i>Petroselinum crispum</i> / Berlinskj.	400
<i>Apium graveolens</i> /Praski orijas.	400
<i>Capsicum spp</i> (pebre vermell)/ Botinecka zuta	200
<i>Capsicum spp</i> (hot pepper)/ Peperoni-sweet.	200
<i>Lactuca sativa</i>	400
<i>Allium porum</i> / Carentan	400
<i>Brassica oleracea</i> (col)/ Langedi jaker	400
<i>Brassica oleracea</i> (coliflor)/ Snjezna gruda	400
<i>Cucurbita pepo</i> / Tikvica bijela.	200

### 3.3.2 Preparació del test de germinació.

Les llavors es van col·locar en plaques petri, amb cotó a la base i paper de filtre sobre el cotó. En el cas especial de *Cucurbita pepo*, les llavors es van col·locar en una caixa amb sorra, ja que les llavors són molt més grans. Les llavors següents es van humitejar amb aigua destil·lada: *Pastinaca sativa*, *Daucus carota*, *Solanum lycopersicum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, *Allium porum* i *Cucurbita pepo*. Mentre que *Capsicum spp* i *Brassica oleracea* es humitejaven amb KNO<sub>3</sub>. Cal tenir en compte l'atenció especial quan s'afegeix aigua, ja que consisteix en humitejar una mica el cotó, sense submergir-hi les llavors.

Una vegada que les llavors estaven preparades, es van col·locar les mostres en una càmera de germinació a 20°C i un 35% d'humitat relativa, o a la nevera a 5°C durant cinc dies en cas que les llavors tinguessin dormància. En cas de que les llavors tinguessin dormància, després de cinc dies a la nevera, es van col·locar a la cambra de germinació. Les necessitats particulars de cada cultiu es mostren a la taula 3, seguint també amb precisió les normes de la ISTA.

Taula 3: Condicions particulars de cada espècie a l'hora de preparar les mostres pel test de germinació

Espècies	Aigua destil·lada	Aigua amb KNO <sub>3</sub>	Dormància
<i>Pastinaca sativa</i>	X		
<i>Daucus carota</i>	X		
<i>Solanum lycopersicum</i>	X		
<i>Petroselinum crispum</i>	X		
<i>Apium graveolens</i>	X		X
<i>Capsicum spp</i> (pebre vermell)		X	
<i>Capsicum spp</i> (pebre picant)		X	
<i>Allium porum</i>	X		X
<i>Brassica oleracea</i> (col)		X	X
<i>Brassica oleracea</i> (coliflor)		X	X
<i>Cucurbita pepo</i>	X		

Una vegada que totes les mostres van ser preparades i introduïdes a la cambra de germinació, vam haver d'esperar un nombre variable de dies depenent de l'espècie.

La germinació es calcula en dos períodes: període curt i període llarg. La germinació del període llarg es refereix a la germinació final.

L'energia de la germinació és un paràmetre de velocitat. Quan l'energia de la germinació és més propera al 100%, és perquè els valors de germinació tant per a curt com per a llarg termini són similars, el que significa que hi haurà més llavors germinades en un nombre menor de dies que els establerts.

Per calcular l'energia de la germinació, ens calia conèixer els dos valors abans esmentats, germinació en període curt i en període llarg, que es van calcular mitjançant les fórmules següents:

$$\% \text{ germinació en període curt} = \frac{\text{Nombre de llavors germinades en X1 dies}}{\text{Número total de llavors}} \times 100$$

$$\% \text{ germinació en període llarg} = \frac{\text{Nombre de llavors germinades en X2 dies}}{\text{Número total de llavors}} \times 100$$

L'energia de germinació és a relació entre els dos períodes, curt i llarg:

$$\text{Energia de germinació} = \frac{\text{Període curt}}{\text{Període llarg}} \times 100$$

Com es pot veure en les fórmules abans esmentades, el nombre de dies varia. A la taula següent es mostra el nombre de dies per al període curt i llarg, per cada espècie seguint les regles de ISTA.

Taula 4: Número de dies del període curt i llarg per a cada espècie seguint les normes del ISTA.

Espècies	Número de dies per:	
	Període curt (X1)	Període llarg (X2)
<i>Pastinaca sativa</i>	6	28
<i>Daucus carota</i>	7	14
<i>Solanum lycopersicum</i>	5	14
<i>Petroselinum crispum</i>	10	28
<i>Apium graveolens</i>	10	21
<i>Capsicum spp</i> (pebre vermell)	7	14
<i>Capsicum spp</i> (pebre picant)	7	14
<i>Lactuca sativa</i>	4	3
<i>Allium porum</i>	6	13
<i>Brassica oleracea</i> (col)	5	5
<i>Brassica oleracea</i> (coliflor)	5	5
<i>Cucurbita pepo</i>	4	8

Una vegada transcorreguts els dies de curt període, les llavors es van extreure de la càmera de germinació. Totes les llavors que ja havien germinat en aquests primers dies es van comptar, es van recollir amb pinces i es van tirar. Les llavors que encara no han germinat, es van deixar en les plaques petri i es van introduir novament a la cambra de germinació. Quan van transcórrer els dies establerts del període llarg es van tornar retirar les plaques de la cambra, i es van comptar novament les llavors que havien germinat. Les llavors que no havien germinat durant aquest temps es van considerar llavors de mala qualitat i no es van tenir en compte.

En la primera part dels resultats del test de germinació, només s'han tingut en compte la germinació en període llarg, i l'energia de germinació ja que són els valors importants.

En primer lloc, es fa el recompte de les llavors germinades en cada repetició, per totes i cada una de les espècies, i posteriorment la mitjana tant de la germinació en període llarg com de l'energia de germinació i es representa en percentatge. Es fa un anàlisi de variància per veure si els resultats són normals.

Es fa una prova estadística ANOVA d'una variable tant per la germinació final com l'energia de germinació per veure si les diferències entre tractaments són significatives, i veure si el tractament és eficaç o no en una determinada espècie. La variable resposta és el nombre de llavors germinades, la variable independent els tractaments.

En la segona part dels resultats es va estudiar la interacció entre les espècies utilitzades en l'experiment i el nombre de llavors germinades o l'energia de germinació per cada tractament. Per tal d'estudiar la interacció es va fer una prova estadística ANOVA de dues variables per veure si la interacció era significativa o no. Les variables independents són les espècies i els tractaments, i la interacció d'aquests. La variable resposta és el nombre de llavors germinades. Aquesta prova es realitza amb l'objectiu de saber si la germinació i l'energia de germinació depèn de cada llavor.

En cas de ser significativa, es fa una separació de mitjanes mitjançant Tukey amb l'objectiu de poder estudiar aquesta interacció. L'objectiu d'aquesta prova va ser veure si la germinació i l'energia de germinació depenen de la espècie o no.

## 4. Resultats.

Per aconseguir una interpretació precisa dels resultats, es mostrarà en primer lloc en aquest capítol, per a cada espècie d'hortalissa utilitzada en l'experiment, la incidència de diferents fongs en els tres tractaments. S'aplicarà ANOVA en els fongs amb major incidència en cada espècie, independentment de que la incidència dels fongs sigui molt diferent entre una espècie i una altre, ja que la intenció es saber si el tractament funciona i redueix la incidència, o si per el contrari l'augmenta, encara que aquesta incidència sigui més petita en comparació a altres casos.

Després en la segona part dels resultats, per a cada fong, s'analitzarà si hi ha interacció entre els tractaments i l'espècie. Si aquesta interacció és significativa, s'utilitzarà. Per a la germinació final i l'energia de la germinació, es seguirà el mateix ordre d'anàlisi; En primer lloc, es presentaran els resultats de la germinació de cada espècie en cada tractament, i després s'analitzarà la interacció mitjançant la germinació final i, posteriorment, l'energia de la germinació entre els tractaments i l'espècie.

### 4.1 Incidència dels fongs per a cada espècie.

En els següents apartats, es presenten els resultats de la incidència de fongs per a totes i cadascuna de les espècies de llavors.

*Pastinaca sativa*

A la figura 2, es mostren els resultats de la incidència de fongs per *Pastinaca sativa*:

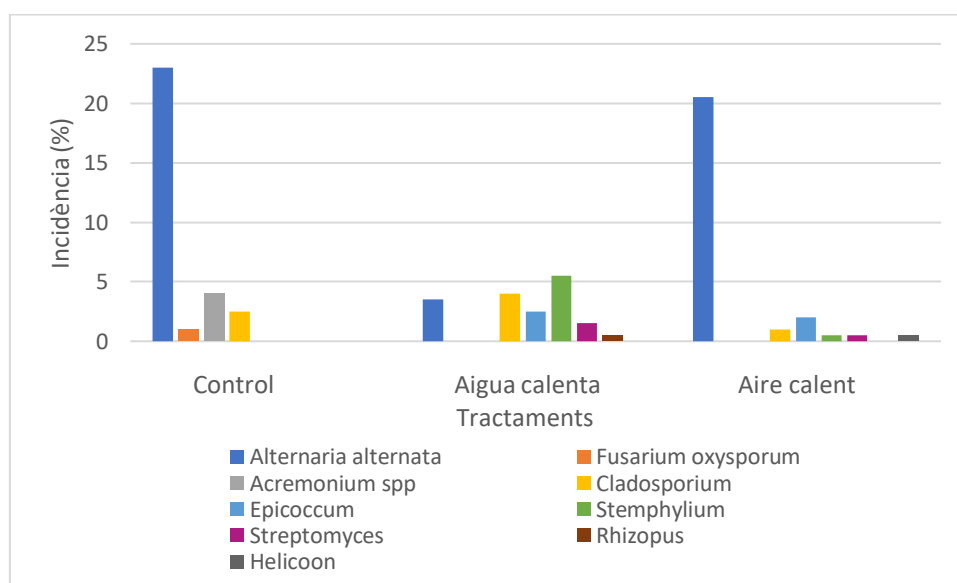


Figura 2: Incidència del fongs en els tractaments en les llavors de *Pastinaca sativa*.

Com es pot observar, *Alternaria alternata* va ser el fong amb una incidència més alta al control. Quan comparem la incidència d'*Alternaria alternata* amb els altres tractaments observem que la incidència en el tractament d'aigua calenta és molt menor, i en el tractament d'aire calent és similar. Els resultats, però, no són prou significatius, ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és 0,097, com és un valor superior a alfa, no podem dir que els tractaments siguin eficaços a l'hora d'eliminar aquest fong. Atès que la resta dels fongs tenen una incidència menor, no s'han realitzat més proves estadístiques.

En el cas de *Fusarium oxysporum* i *Acremonium spp* es pot veure que només apareixen al control. *Cladosporium* però, es troba en el control i en els dos tractaments, variant la seva incidència; en l'aigua calenta trobem una major incidència, i en l'aire calent menor.

També es troben cert fongs que no apareixen en el control, però apareixen amb l'aplicació d'algun tractament. *Rhizopus* només apareix en l'aigua calenta, i *Helicoon* només en l'aire calent. Els fongs *Epicoccum*, *Stemphylium* i *Streptomyces* apareixen als dos tractaments, tenint una incidència més elevada quan s'aplica el tractament d'aigua calenta.

#### Daucus carota

Com es pot veure a la figura 3, es mostren els resultats de la incidència de fongs a les llavors de *Daucus carota*:

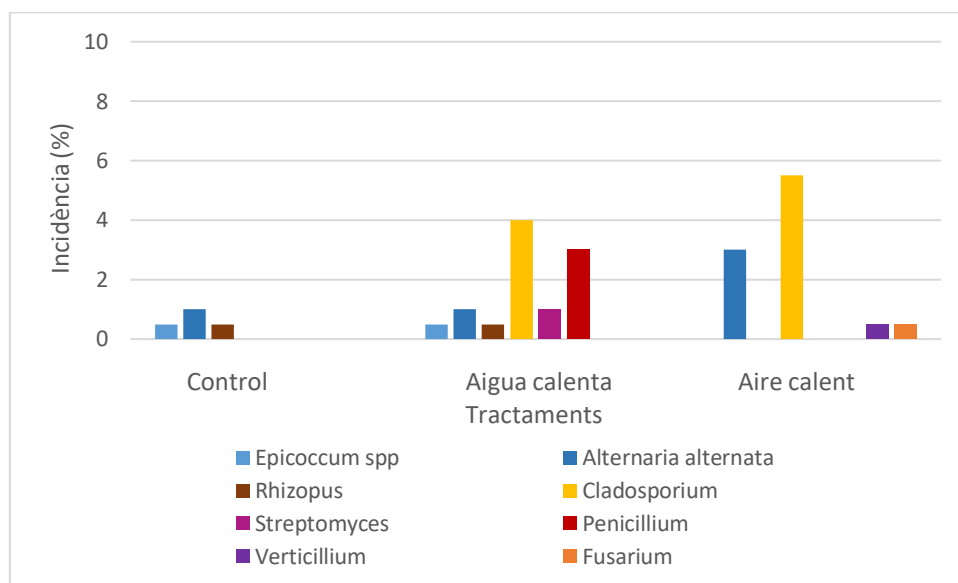


Figura 3: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Daucus carota*.

Com es pot veure en aquesta figura, la incidència dels fongs en les llavors de *Daucus carota* és baixa. En el control només trobem tres fongs: *Epicoccum*, *Alternaria alternata* i *Rhizopus*. Aquests tres fongs es troben en una proporció similar al tractament d'aigua calenta. En el tractament d'aire calent només trobem *Alternaria alternata*, amb una incidència major que en comparació amb el control i l'aigua calenta. Tot i així els resultats no són significatius ja que el resultat del p-valor a la prova ANOVA és de 0,527, un valor molt superior a alfa. Per tant aquests tractaments no són eficaços.

En el cas de *Cladosporium* només el trobem en els dos tractaments, tenint una major incidència quan s'aplica el tractament d'aire calent. *Streptomyces* i *Penicillium* només es troben en l'aigua calenta, i *Fusarium* i *Verticillium* només en l'aire calent.

## Solanum lycopersicum

La figura 4 mostra la incidència dels fongs en les llavors de *Solanum lycopersicum*:

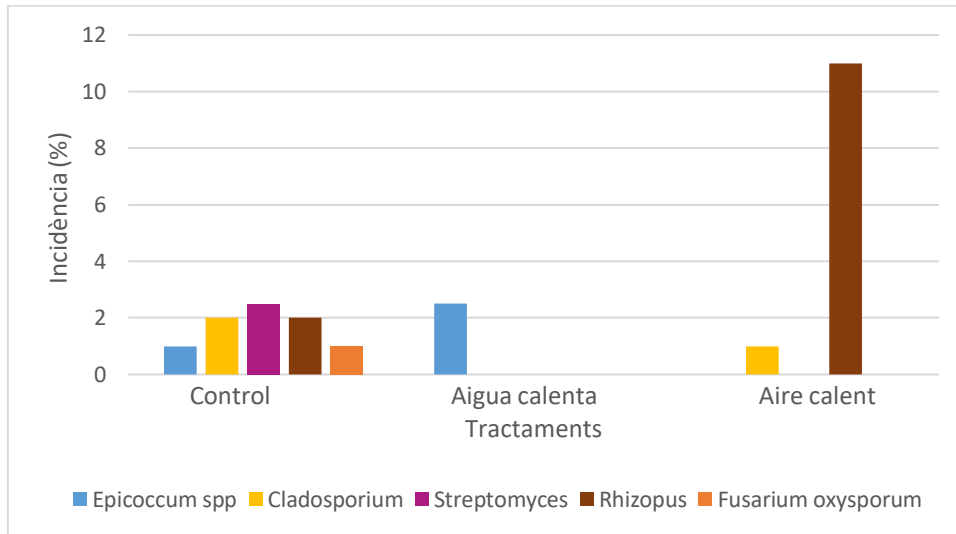


Figura 4: Incidència dels fongs tots els tractaments en les llavors de *Solanum lycopersicum*.

Observant la figura és pot veure que les llavors de *Solanum lycopersicum* no estaven infectades per *Alternaria alternata*. Tot i això, trobem cinc fongs diferents en la mostra control, tot i que la incidència de tots ells és baixa. Aquests fongs son: *Epicoccum spp*, *Cladosporium*, *Streptomyces*, *Rhizopus* i *Fusarium oxysporum*.

*Epicoccum spp* només es torna a trobar en el tractament d'aigua calenta, amb una incidència una mica més elevada.

En els casos de *Cladosporium* i *Rhizopus*, els trobem en el control i en l'aire calent. En el primer cas amb una incidència menor, en el segon en una incidència molt més gran.

## Petroselinum crispum

Com es pot veure a la figura 5, es presenta la incidència de fongs en llavors de *Petroselinum crispum*:

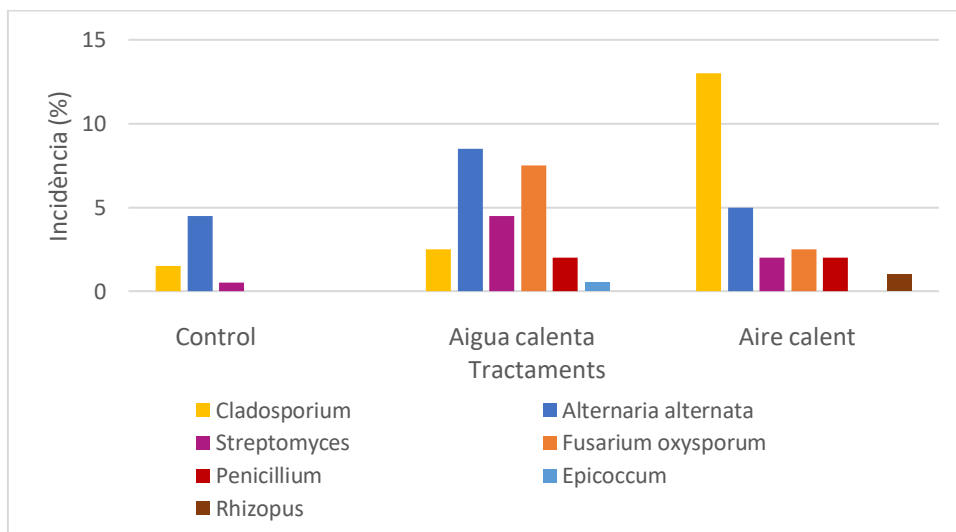


Figura 5: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Petroselinum crispum*.

Com es pot veure en la figura, només trobem tres fongs en la mostra control: *Cladosporium*, *Streptomyces* i *Alternaria alternata*, sent aquesta última la que té una major incidència.

En el tractament d'aigua calenta trobem aquests mateixos fongs del control, en tots els casos amb una incidència major. A més a més, també trobem *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* i *Epicoccum*, aquest últim només apareix en aquest tractament.

En l'aire calent també ens trobem els tres mateixos fongs que en el control, també amb una incidència major, especialment *Cladosporium*. També trobem *Fusarium oxysporum* amb una incidència menor que en l'aigua calenta, *Penicillium* amb una incidència similar, i *Rhizopus*. Aquest últim fong només apareix quan s'aplica el tractament d'aire calent.

En el cas d'*Alternaria alternata* els resultats no són significatius ja que el resultat del p-valor a la prova ANOVA és de 0,14, valor superior a alfa. Com la incidència de *Cladosporium* varia molt en el control i en els tractaments, també es calcula el seu p-valor. En aquest cas el resultat del p-valor obtingut en la prova ANOVA és 0,008 així que els resultats són significatius, ja que és un resultat inferior a alfa. Al ser significatius és fa la separació de mitjanes, i s'observa que és al tractament d'aire calent on hi ha una incidència major de *Cladosporium*.

#### Apium graveolens

A la figura 6, es mostren els resultats de la incidència de fongs a *Apium graveolens*:

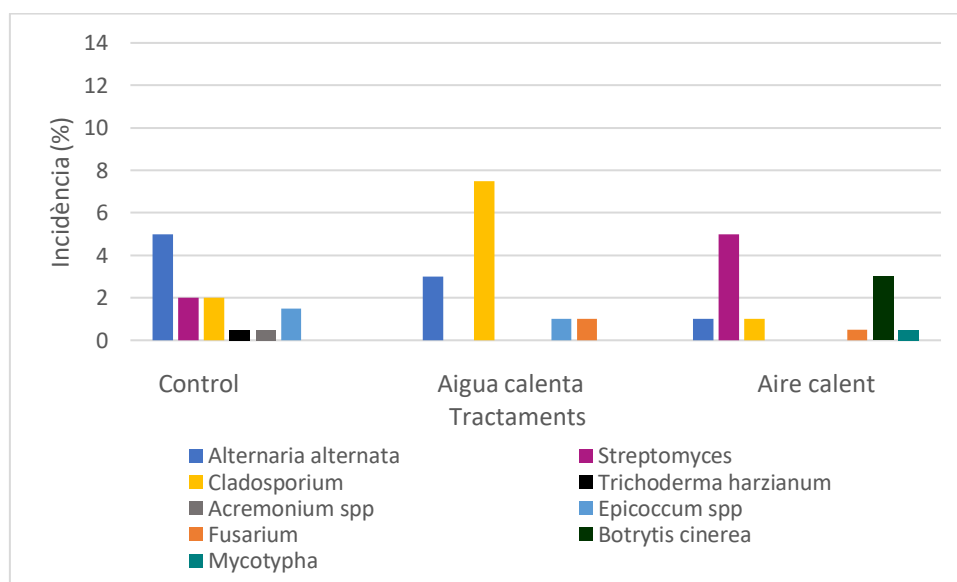


Figura 6: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Apium graveolens*

Es pot observar en la figura que el fong amb una major incidència al control és *Alternaria alternata*. També trobem *Alternaria alternata* en ambdós tractaments, tot i que una incidència menor especialment amb el tractament d'aire calent. Tot i així els resultats no són prou significatius ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és de 0,089, valor superior a alfa. Al ser *Cladosporium* el fong que té una major incidència en tots els tractaments, també és fa l'ANOVA. En aquest cas tampoc hi ha diferències significatives ja que el p-valor és 0,109. En el control també es troben els fongs *Streptomyces*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Acremonium* i *Epicoccum spp*.

En el tractament d'aigua calenta també trobem *Cladosporium* i *Epicoccum spp* com al control. *Cladosporium* però, té una incidència molt més elevada en aquest cas. Trobem també *Fusarium*, fong que no estava en el control, però que apareix al aplicar els dos tractaments.

En l'aire calent trobem *Alternaria alternata*, *Streptomyces* i *Cladosporium* com al control, *Streptomyces* però amb una incidència major, i *Alternaria alternata* i *Cladosporium* amb una incidència menor. *Botrytis cinerea* i *Mycotypha* només apareixen quan s'aplica el tractament d'aire calent.

Capsicum spp (pebre vermell)

La figura 7 mostra la incidència de fongs en llavors Capsicum spp (pebre vermell):

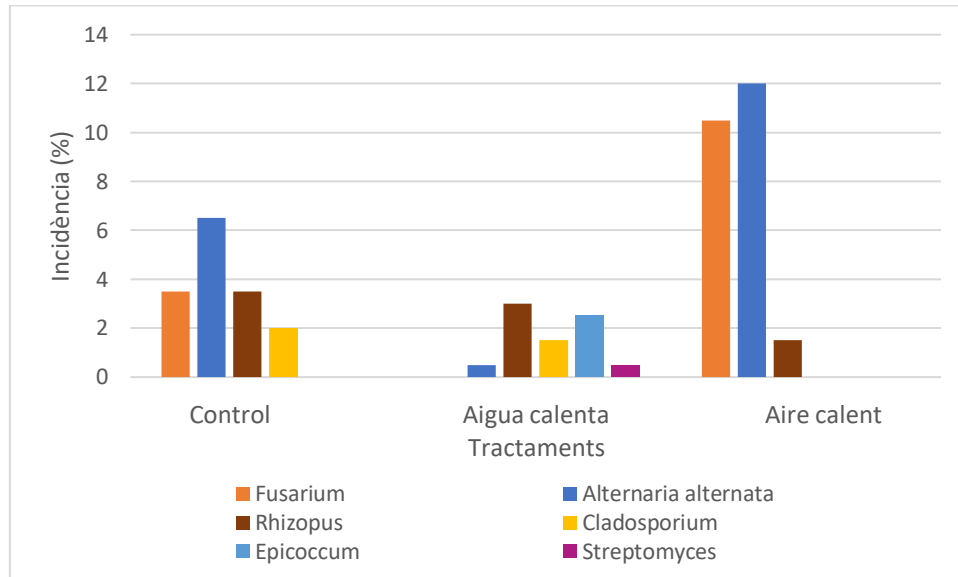


Figura 7: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Capsicum spp* (pebre vermell)

Com es pot veure en la figura, *Alternaria alternata* és el fong que té major incidència en el control. També trobem *Fusarium*, *Rhizopus* i *Cladosporium* en menor proporció.

*Alternaria alternata* es troba en una incidència molt menor en l'aigua calenta, però la seva incidència creix considerablement quan s'aplica el tractament d'aire calent. Els resultats però no són prou significatius, ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és igual a 0,07, que és un valor superior a alfa.

En el cas de *Fusarium*, només el trobem en el control i en l'aire calent. En l'aire calent però, la incidència de *Fusarium* és molt major en comparació al control.

*Rhizopus* es troba tant al control com en els dos tractaments, amb una incidència menor en els tractaments, especialment en l'aire calent.

*Cladosporium* només es troba en el control i en l'aigua calenta amb incidències similars.

*Epicoccum spp* i *Streptomyces* només apareixen en el tractament d'aigua calenta.



## Capsicum spp (pebre picant)

La figura 8 mostra els resultats de la incidència de fongs trobats en les llavors de *Capsicum spp* (pebre picant).

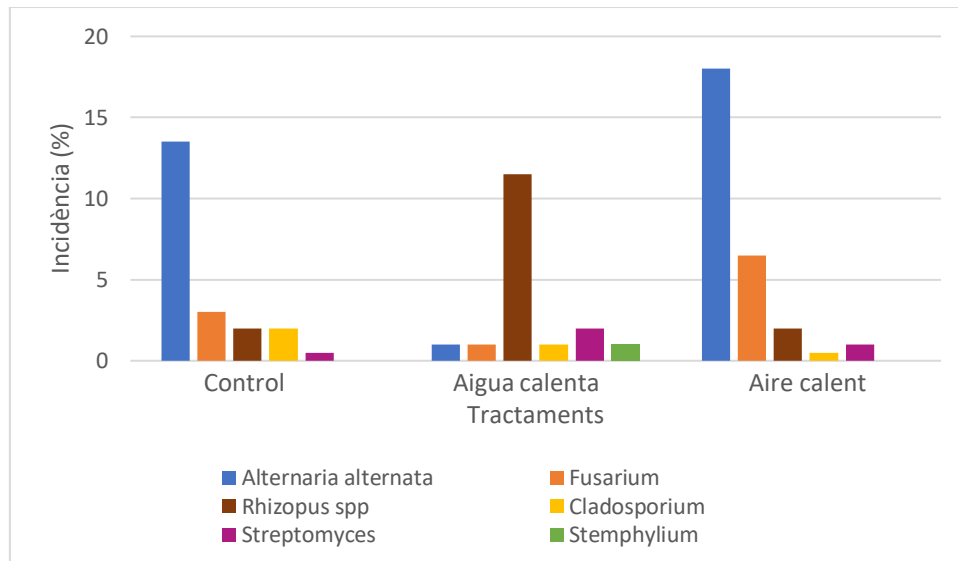


Figura 8: Incidència de fongs en tots els tractaments en les llavors de *Capsicum spp* (pebre picant)

Com podem observar, *Alternaria alternata* és una altra vegada el fong trobat amb una major incidència al control. També trobem *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus spp*, *Cladosporium* i *Streptomyces* amb una incidència més baixa.

En el cas d'*Alternaria alternata*, veiem com la seva incidència al aplicar el tractament d'aigua calenta disminueix considerablement. Amb l'aire calent però, trobem una incidència més elevada que al control. Els resultats són significatius ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és de 0,015, que és un valor inferior a alfa. Al ser un resultat significatiu, és fa la separació de mitjanes i s'observa que la mitjana més alta està en el cas de l'aire calent.

La incidència de *Fusarium* és similar en el control i en l'aigua calenta, en l'aire calent augmenta una mica. *Rhizopus spp* té incidències similars tant en el control com en l'aire calent, però augmenta considerablement quan s'aplica el tractament d'aigua calenta. Tant *Cladosporium* com *Streptomyces* tenen una incidència baixa en ambdós tractaments i en el control.

*Stemphylium* es troba únicament en el tractament d'aigua calenta.

## Lactuca sativa

A la figura 9, es mostren els resultats de la incidència de fongs a *Lactuca sativa*:

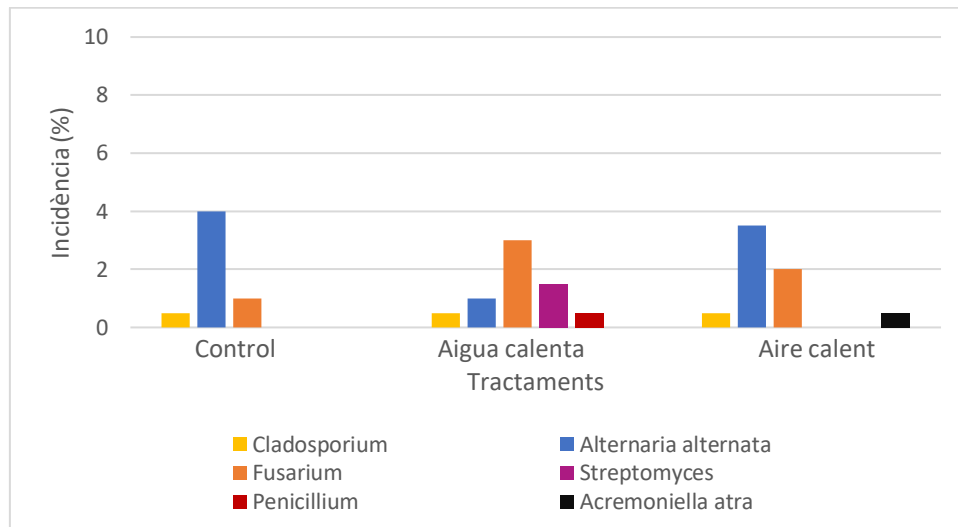


Figura 9: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Lactuca sativa*

Com es pot observar en a figura, *Alternaria alternata* torna a ser el fong amb una major incidència en el control. També trobem *Cladosporium* i *Fusarium*. De totes maneres, cal dir que cap dels fongs trobats en les llavors de *Lactuca sativa* tenen una incidència molt elevada.

Podem veure que la incidència d'*Alternaria alternata* és similar en l'aire calent, però disminueix al aplicar el tractament d'aigua calenta. En aquest cas, els resultats són significatius ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és de 0,015, valor inferior a alfa. Al ser un valor significatiu es fa la separació de mitjanes i s'observa que la major incidència d'*Alternaria alternata* es troba en el control.

*Cladosporium* es troba en una baixa incidència en ambdós tractaments i al control. La incidència de *Fusarium* és més baixa en el control que en els tractaments especialment en l'aigua calenta. *Streptomyces* i *Penicillium* només es troben en l'aigua calenta, en una baixa incidència però. *Acremoniella atra* només es troba en l'aire calent.

## Allium porum

La figura 10 presenta els resultats de la incidència de fongs a les llavors de *Allium porum*:

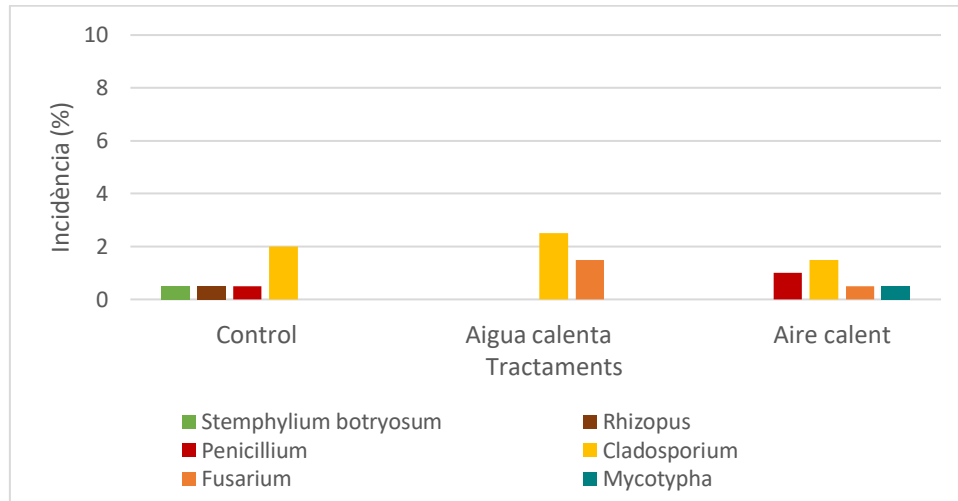


Figura 10: Incidència dels fongs en tots es tractaments en les llavors *Allium porum*

Observem en la figura, que les llavors d'*Allium porum* no estaven molt infectades per fongs, a més la incidència dels fongs és baixa en tots els casos.

Podem veure també, que *Allium porum* no té problemes amb *Alternaria alternata*.

En el control trobem *Stemphylium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, i *Cladosporium* essent aquest últim el que té una incidència major. *Cladosporium* es troba en ambdós tractaments i en el control en incidències similars.

*Fusarium* només apareix quan s'apliquen els tractaments, tenint una incidència més elevada en l'aigua calenta. *Mycotypha* només apareix en l'aire calent.

## Brassica oleracea (col)

La figura 11 mostra la incidència de fongs en llavors de *Brassica oleracea* (col):

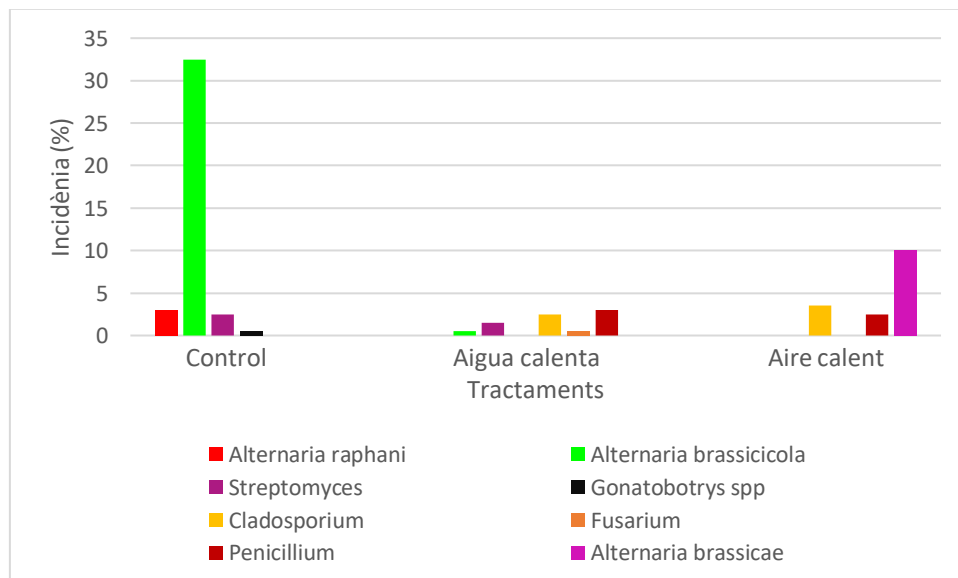


Figura 11: Incidència de fongs en tots els tractaments en les llavors de *Brassica oleracea* (col)

Podem observar en la figura, que *Alternaria brassicicola* és de lluny el fong amb una major incidència en el control. En el control també trobem *Streptomyces*, *Alternaria raphani* i *Gonatobotrys spp*, aquests dos últims només es troben en el control.

En el cas d'*Alternaria brassicicola*, podem veure com la seva incidència és ínfima en l'aigua calenta, i nul·la en l'aire calent. Els resultats en aquest cas són molt significatius ja que el resultat del p-valor obtingut en la prova ANOVA és 0,001, valor molt inferior a alfa. Al ser un valor significatiu és fa la separació de mitjanes, on es veu que la major incidència d'aquest fong es troba en el control.

*Streptomyces* es troba en el control i en l'aigua calenta, amb incidències similars. *Cladosporium* i *Penicillium* es troba en ambdós tractaments en proporcions similars. *Fusarium* només es troba en l'aigua calenta amb una incidència mínima, i *Alternaria brassicae* només en l'aire calent, amb una incidència més elevada que la resta de fongs.

#### Brassica oleracea (coliflor)

Els resultats de la incidència de fongs en les llavors *Brassica oleracea* (coliflor) es presenten a la figura 12:

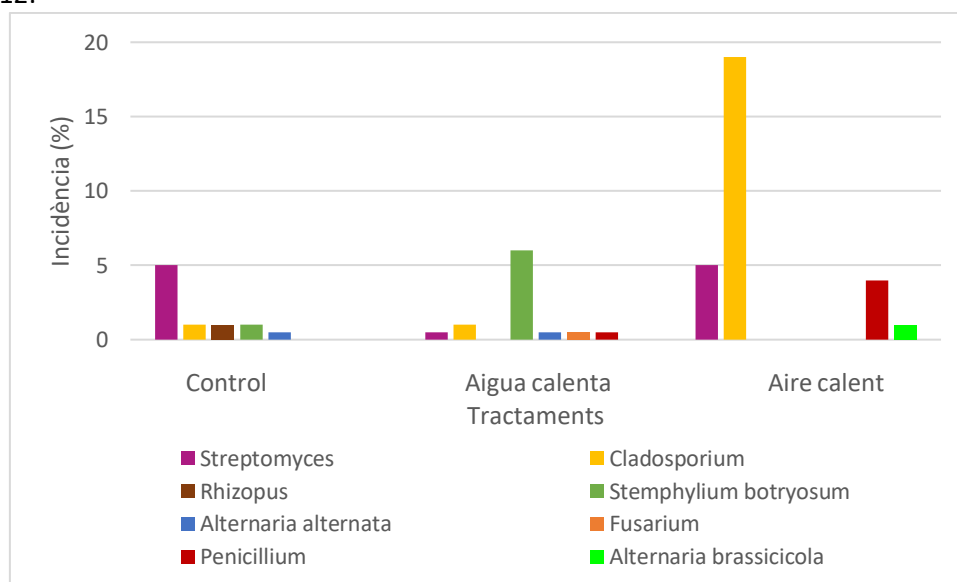


Figura 12: Incidència dels fongs en tots els tractaments en les llavors de *Brassica oleracea* (coliflor)

S'observa en la figura, que el fong amb una major incidència en el control és *Streptomyces*. A més a més, també trobem *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Stemphylium botryosum* i *Alternaria alternata*.

Com es pot veure, en el cas de *Streptomyces*, la incidència és similar al control i l'aire calent, però disminueix en aplicar l'aigua calenta.

*Cladosporium* presenta incidències molt baixes tant en el control com en l'aigua calenta, en l'aire calent però, presenta una incidència molt elevada, en aquest cas els resultats són significatius ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és 0,004, valor inferior a alfa. Alhora de fer la separació de mitjanes veiem que la major incidència d'aquest fong es troba en l'aire calent.

*Rhizopus* només es troba en el control amb una incidència molt baixa. *Stemphylium botryosum* i *Alternaria alternata* es troben en el control i en l'aigua calenta només. En el cas de *Stemphylium botryosum* la incidència és més elevada en l'aigua calenta que en el control, *Alternaria alternata* té incidències similars.

*Fusarium* només es troba en l'aigua calenta, i *Alternaria brassicicola* en l'aire calent. *Penicillium* apareix en ambdós tractaments, tenint una incidència més elevada en l'aire calent.

Cucurbita pepo

La figura 13 mostra la incidència de fongs a les llavors de Cucurbita pepo:

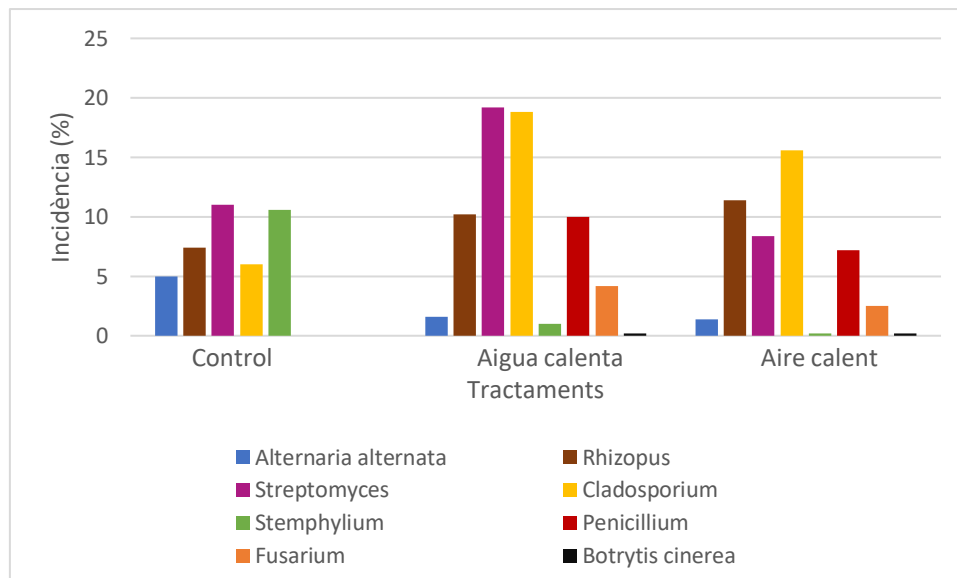


Figura 13: Incidència dels fongs en les llavors de *Cucurbita pepo*.

Com es pot observar en la figura, *Cucurbita pepo* té molts fongs en ambdós tractaments i en el control, molts amb incidències bastant elevades.

En el cas d'*Alternaria alternata*, veiem que la incidència és més baixa en els tractaments, i ja que el resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA és 0,004 podem concloure que els resultats són significatius, ja que és un valor inferior a alfa. Com es un resultat significatiu és fa la separació de mitjanes i s'observa que la mitjana més elevada d'aquest fong es troba en el control.

*Rhizopus*, *Streptomyces*, *Cladosporium* i *Stemphylium* apareixen tant en el control com en els dos tractaments. Tant *Rhizopus* com *Cladosporium* tenen incidències més elevades a l'hora d'aplicar els tractaments. La incidència de *Streptomyces* és més elevada en l'aigua calenta, però una mica inferior en l'aire calent. En el cas de *Stemphylium* la incidència disminueix considerablement al aplicar els tractaments.

*Penicillium*, *Fusarium* i *Botrytis cinerea* apareixen només en els tractaments, tots tres amb incidències similars en els dos casos.

## 4.2 Interacció entre el tractament i les espècies de llavors per a cada fong.

L'objectiu principal d'aquesta secció del treball és analitzar si hi ha una interacció entre la incidència de diferents fongs i les espècies de llavors considerades en tots els tractaments. És a dir, si la incidència del fong depèn de les espècies. Per analitzar els resultats, primer s'ha realitzat una prova ANOVA de dos factors (tractament i espècie), per veure si la interacció és significativa, posteriorment es fa una separació de mitjanes per Tukey i veure les diferències entre les mitjanes. Les combinacions que no surten en les taules de Tukey es perquè tenen una mitjana igual a 0.

Només s'estudia aquesta interacció en els fongs més importants que han anat sorgint en l'experiment. La nomenclatura utilitzada per als tractaments és la següent: Mostra control= CS, tractament d'aigua calenta= HW i tractament d'aire calent= HA.

### Alternaria alternata

La interacció entre les diferents espècies i els tractaments en el cas d'*Alternaria alternata* és molt significativa, ja que el seu p-valor és molt més petit que alfa. Com la interacció és significativa, aquesta s'estudia mitjançant una separació de mitjanes per Tukey.

La taula 5 presenta la separació de mitjanes amb la interacció de les espècies i els tractaments per *Alternaria alternata*.

*Pastinaca sativa* i *Capsicum spp* (pebre picant) són les espècies que tenen una major incidència d'*Alternaria alternata*, especialment en el control en el cas de *Pastinaca sativa*, però també quan s'aplica el tractament d'aire calent. Hi ha algunes espècies com *Solanum lycopersicum*, *Allium porum* i *Brassica oleracea* (col) que no tenien cap infecció d'*Alternaria alternata* en cap dels tractaments. Com podem veure en la figura 14, la incidència d'aquest fong varia segons l'espècie, però podem confirmar que tant el control com l'aire calent provoquen en la majoria de llavors un augment de la incidència d'*Alternaria alternata*. L'única espècie on podem observar un augment d'aquest fong a l'hora d'aplicar l'aigua calenta és *Petroselinum crispum*. A la Il·lustració 1 es poden veure els conidis d'*Alternaria alternata*, vistos des del microscopi.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 5: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Alternaria alternata*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Pastinaca sativa CS	2	23,0	A
Pastinaca sativa HA	2	20,5	A B
Capsicum spp (hot pepper) HA	2	18,0	A B
Capsicum spp (hot pepper) CS	2	13,5	B C
Capsicum spp (paprika) HA	2	12,0	B C D
Petroselinum crispum HW	2	8,5	C D E
Capsicum spp (paprika) CS	2	6,5	C D E
Apium graveolens CS	2	5,0	C D E
Cucurbita pepo CS	5	5,0	D E
Petroselinum crispum HA	2	5,0	C D E
Petroselinum crispum CS	2	4,5	C D E
Lactuca sativa CS	2	4,0	D E
Lactuca sativa HA	2	3,5	D E
Pastinaca sativa HW	2	3,5	D E
Daucus carota HA	2	3,0	D E
Apium graveolens HW	2	3,0	D E
Cucurbita pepo HW	5	1,6	E
Cucurbita pepo HA	5	1,4	E
Daucus carota HW	2	1,0	E
Apium graveolens HA	2	1,0	E
Capsicum spp (hot pepper) HW	2	1,0	E
Daucus carota CS	2	1,0	E
Lactuca sativa HW	2	1,0	E
Capsicum spp (paprika) HW	2	0,5	E
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	0,5	E
Brassica oleracea (cauliflower) CS	2	0,5	E

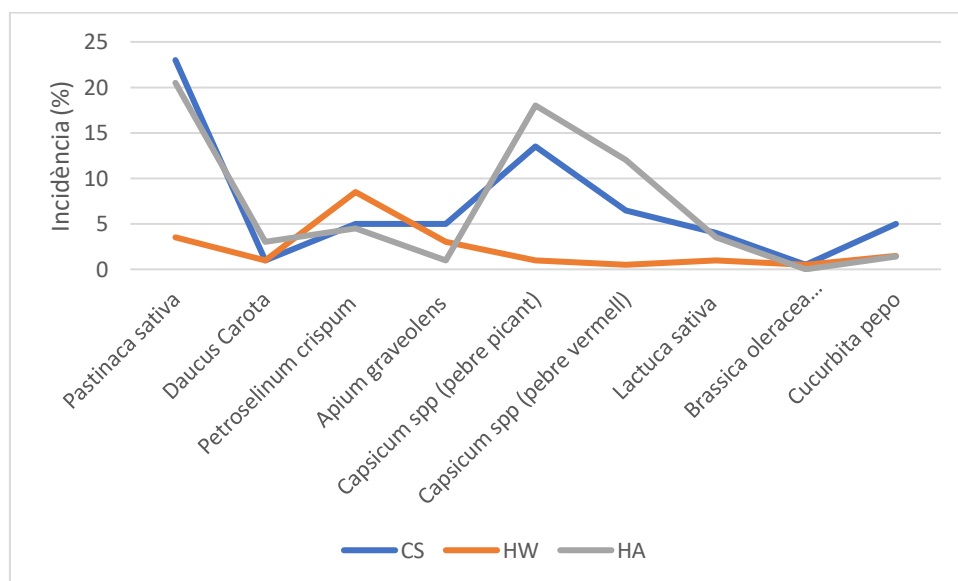


Figura 14: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Alternaria alternata*.



Il·lustració 1: Conidis d'*Alternaria alternata* vist des del microscopi

#### *Fusarium oxysporum*

En el cas de *Fusarium oxysporum* la interacció entre llavor i tractament també es molt significativa, ja que el seu p-valor és molt més petit que alfa.

Com aquesta interacció és significativa, s'estudia i es fa una separació de mitjanes mitjançant Tukey. La taula 6 mostra aquesta separació de mitjanes per a la interacció entre llavor i tractament per *Fusarium oxysporum*.

*Capsicum spp* (pebre vermell) és la espècie que te una major incidència de *Fusarium oxysporum* quan s'aplica el tractament d'aire calent. Seguit de *Capsicum spp* (pebre vermell), tenim *Petroselinum crispum* quan s'aplica l'aigua calenta i *Capsicum spp* (pebre picant) quan s'aplica l'aire calent. La majoria d'espècies però, te una incidència d'aquest fong baixa. En la figura 15 podem veure com la incidència de *Fusarium oxysporum* varia depenent de l'espècie. En aquest cas els dos tractaments acostumen a augmentar la presència d'aquest fong en comparació al control. A la Il·lustració 2 es pot veure els conidis de *Fusarium oxysporum*.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.



Taula 6: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Fusarium oxysporum*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Capsicum spp (paprika) HA	2	10,5	A
Petroselinum crispum HW	2	7,5	A B
Capsicum spp (hot pepper) HA	2	6,5	A B C
Cucurbita pepo HW	5	4,2	B C D
Capsicum spp (paprika) CS	2	3,5	B C D E
Lactuca sativa HW	2	3,0	B C D E
Capsicum spp (hot pepper) CS	2	3,0	B C D E
Petroselinum crispum HA	2	2,5	B C D E
Lactuca sativa HA	2	2,0	C D E
Cucurbita pepo HA	5	2,0	D E
Allium porum HW	2	1,5	C D E
Capsicum spp (hot pepper) HW	2	1,0	D E
Apium graveolens HW	2	1,0	D E
Lactuca sativa CS	2	1,0	D E
Lycopersicum CS	2	1,0	D E
Daucus carota HA	2	0,5	D E
Apium graveolens HA	2	0,5	D E
Allium porum HA	2	0,5	D E
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	0,5	D E
Brassica oleracea (cabbage) HW	2	0,5	D E
Pastinaca sativa CS	2	0,5	D E

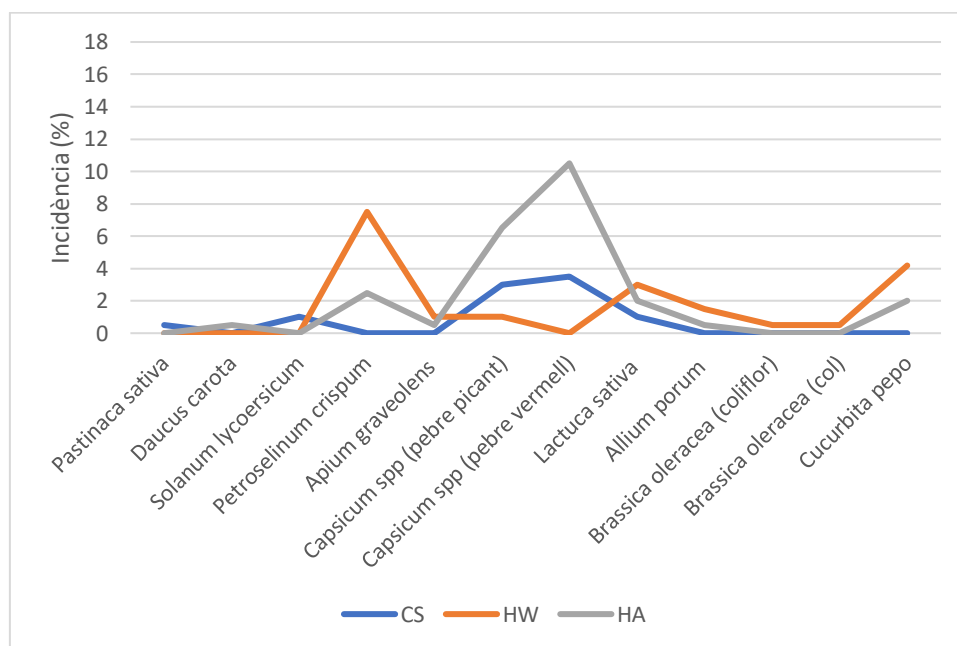


Figura 15: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Fusarium oxysporum*



Il·lustració 2: Conidis de *Fusarium oxysporum* vist en el microscopi

### Cladosporium

La interacció entre llavor i tractament per *Cladosporium* és significativa ja que el seu p-valor és molt més petit que alfa. Degut això, s'estudia la interacció i es fa la separació de mitjanes mitjançant Tukey amb la interacció entre llavor i tractament per a *Cladosporium*. La taula 7 mostra aquesta separació de mitjanes.

L'espècie amb una major incidència de *Cladosporium* és *Brassica oleracea* (coliflor) quan s'aplica el tractament d'aire calent. Seguit de *Cucurbita pepo* en ambdós tractaments. La incidència d'aquest fong en aquestes espècies és bastant elevada.

*Lactuca sativa* és l'espècie que té una incidència menor tant en el control com en els tractaments. Les úniques espècies que no estaven infectades per *Fusarium oxysporum* són *Brassica oleracea* (col) i *Daucus carota* en el control.

En la figura 16 podem veure la variació de la incidència de *Cladosporium* segons la espècie. En aquest cas també podem observar com en la majoria de casos, un dels dos tractaments o els dos, provoquen un augment de la incidència de *Cladosporium* en comparació al control.

A la Il·lustració 3 es pot veure una llavor infectada completament per *Cladosporium*.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 7: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Fusarium oxysporum*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Brassica oleracea (cauliflower) HA	2	19,0	A
Cucurbita pepo HW	5	18,8	A
Cucurbita pepo HA	5	15,6	A
Petroselinum crispum HA	2	13,0	A B
Apium graveolens HW	2	7,5	B C
Cucurbita pepo CS	5	6,0	C
Daucus carota HA	2	5,5	B C
Daucus carota HW	2	4,0	C
Pastinaca sativa HW	2	4,0	C
Brassica oleracea (cabbage) HA	2	3,5	C
Pastinaca sativa CS	2	2,5	C
Allium porum HW	2	2,5	C
Brassica oleracea (cabbage) HW	2	2,5	C
Petroselinum crispum HW	2	2,5	C
Allium porum CS	2	2,0	C
Capsicum spp (hot pepper) CS	2	2,0	C
Lycopersicum CS	2	2,0	C
Apium graveolens CS	2	2,0	C
Allium porum HA	2	1,5	C
Capsicum spp (paprika) HW	2	1,5	C
Petroselinum crispum CS	2	1,5	C
Capsicum spp (paprika) CS	2	1,0	C
Apium graveolens HA	2	1,0	C
Capsicum spp (hot pepper) HW	2	1,0	C
Pastinaca sativa HA	2	1,0	C
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	1,0	C
Lycopersicum HA	2	1,0	C
Capsicum spp (hot pepper) HA	2	0,5	C
Lactuca sativa HA	2	0,5	C
Brassica oleracea (cauliflower) CS	2	0,5	C
Lactuca sativa HW	2	0,5	C
Lactuca sativa CS	2	0,5	C

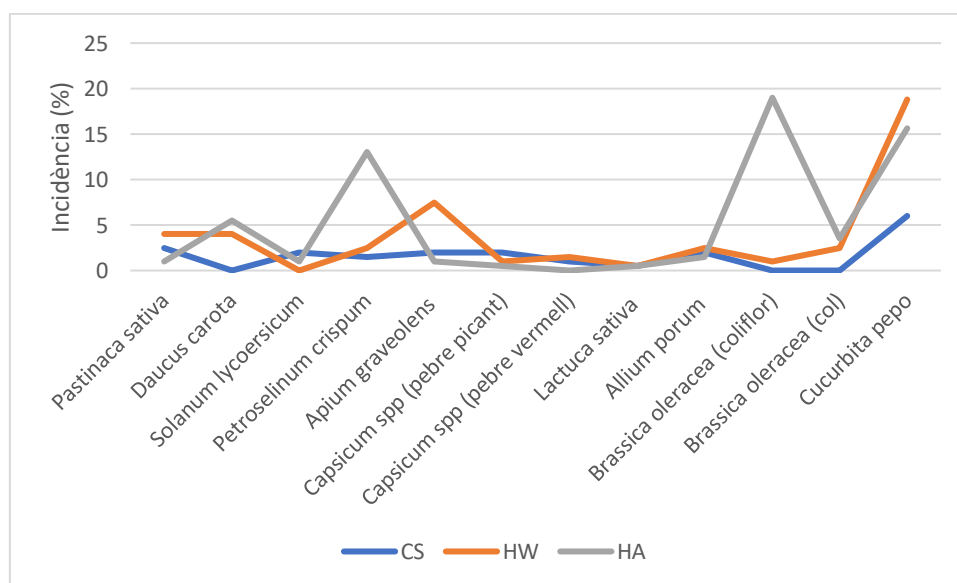
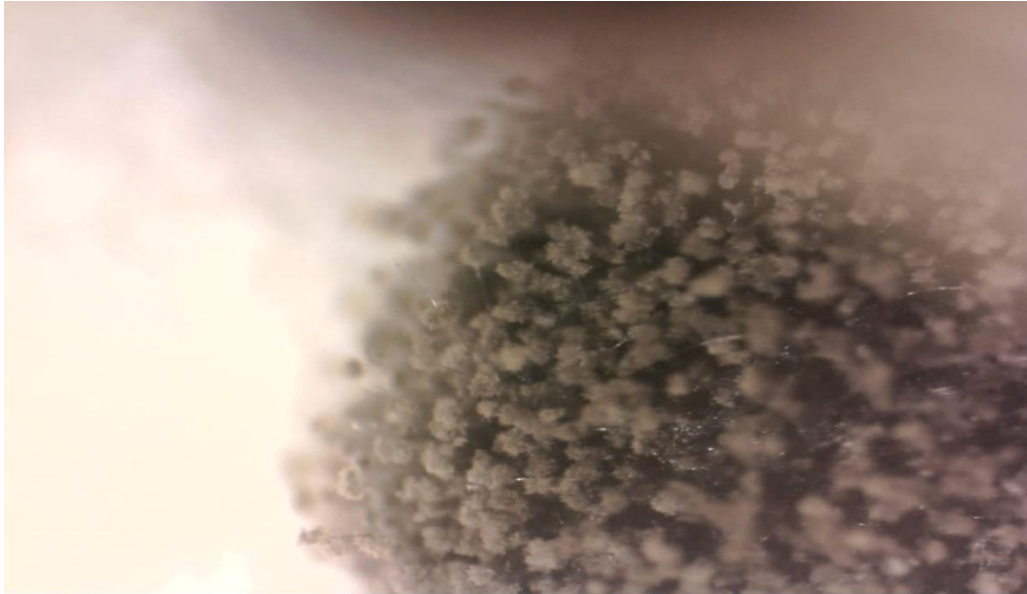


Figura 16: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments per *Cladosporium*



Il·lustració 3: Llavor infectada per *Cladosporium*.

### Epicoccum

El resultat de la interacció entre llavor i tractament en *Epicoccum* és significatiu, ja que el p-valor obtingut és 0,033, més petit que alfa.

La taula 8, presenta la separació de mitjanes per Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Epicoccum*.

Podem observar que la incidència d'aquest fong no és elevada en cap dels casos, més de la meitat d'espècies no estaven infectades per *Epicoccum*. Tot i així, les espècies amb una major incidència d'aquest fong són *Capsicum spp* (pebre vermell) quan s'aplica l'aigua calenta, i *Pastinaca sativa* en ambdós tractaments. A la figura 17 podem observar que el tractament d'aigua calenta augmenta la incidència d'*Epicoccum* en totes les espècies excepte en *Apium graveolens*. L'aire calent només augmenta la incidència d'aquest fong en el cas de *Pastinaca sativa*. A la Il·lustració 4 podem observar una llavor infectada per *Epicoccum*. Es pot veure llavors, que la incidència del fong depèn també de la espècie.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 8: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Epicoccum*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació	
Capsicum spp (paprika) HW	2	2,5	A	
Pastinaca sativa HW	2	2,5	A	
Pastinaca sativa HA	2	2,0	A	B
Apium graveolens CS	2	1,5	A	B
Apium graveolens HW	2	1,0	A	B
Daucus carota CS	2	0,5	A	B
Petroselinum crispum HW	2	0,5	A	B
Daucus carota HW	2	0,5	A	B

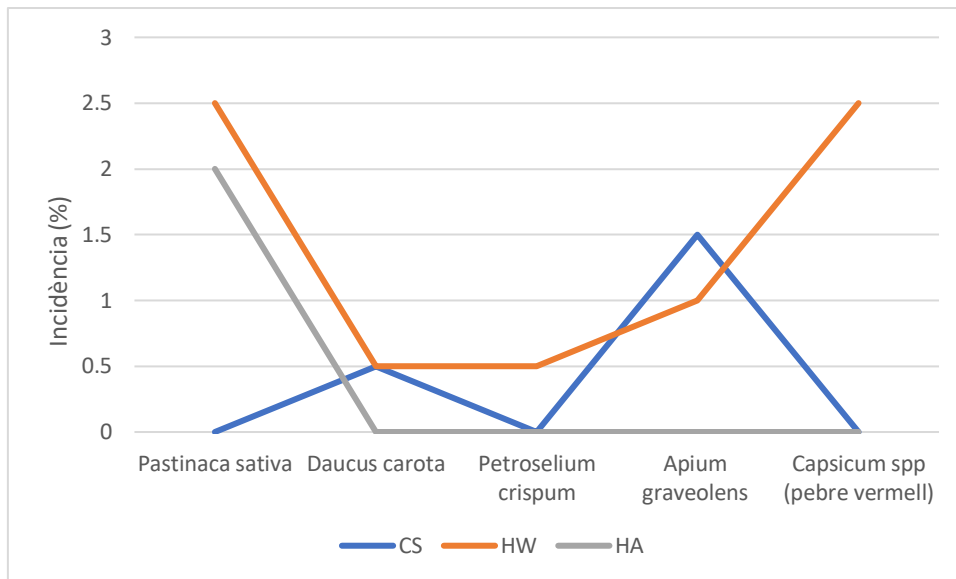


Figura 17: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Epicoccum*.



Il·lustració 4: Llavor infectada per *Epicoccum*.

### Stemphylium

La interacció entre llavor i tractament en el cas de *Stemphylium* és molt significativa, el p-valor és molt més petit que alfa.

Com la interacció és significativa es fa la separació de mitjanes per Tukey. La taula 9 mostra la separació de mitjanes de la interacció per *Stemphylium*.

Com en el cas anterior, aquest fong no té una gran incidència en les espècies, la meitat de les espècies no estaven infectades per aquest fong. Els casos on la incidència de *Stemphylium* és major són *Cucurbita pepo* en el control, *Brassica oleracea* (coliflor) i *Pastinaca sativa*, totes dues espècies quan s'aplica el tractament d'aigua calenta. En la figura 18 podem observar com el tractament d'aire calent redueix la incidència de *Stemphylium* en tots els casos menys en

*Pastinaca sativa*. L'aigua calenta augmenta la incidència d'aquest fong en totes les espècies excepte *Allium porum* i *Cucurbita pepo*, on el control te una mitjana superior que a aquest tractament. Es pot observar com la incidència de *Stemphylium* depèn de la espècie. En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 9: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Stemphylium*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Cucurbita pepo CS	5	10,6	A
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	6,0	B
Pastinaca sativa HW	2	5,5	B
Capsicum spp (hot pepper) HW	2	1,0	C
Brassica oleracea (cauliflower) CS	2	1,0	C
Cucurbita pepo HW	5	1,0	C
Allium porum CS	2	0,5	C
Pastinaca sativa HA	2	0,5	C
Cucurbita pepo HA	5	0,2	C

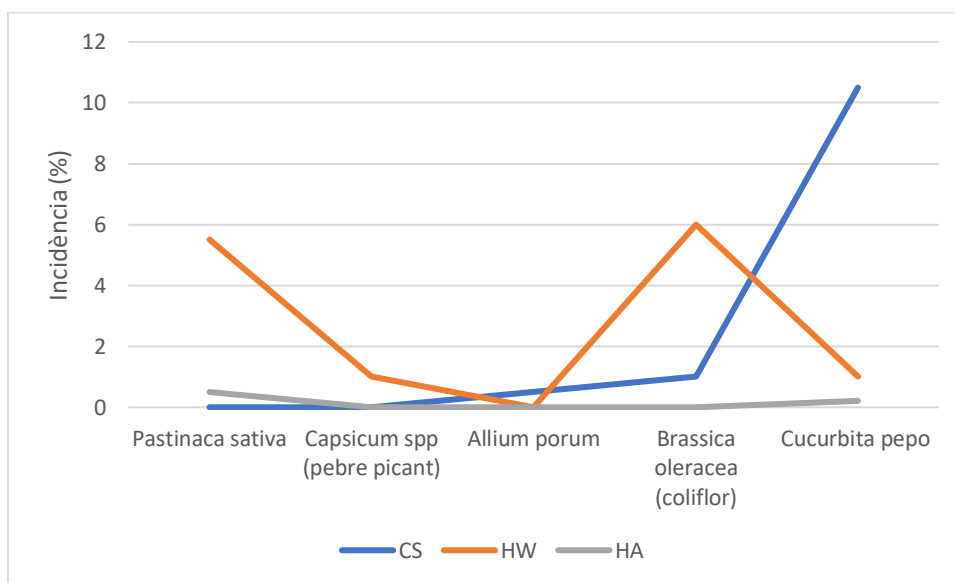


Figura 18: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Stemphylium*.

### Streptomyces

En el cas de *Streptomyces* la interacció entre llavor i tractament és molt significativa, ja que el p-valor és molt més petit que alfa. Com la interacció és significativa, es fa la separació de mitjanes per Tukey per a la interacció, tal i com es pot veure en la taula 10.

*Cucurbita pepo* és l'espècie que te una major incidència d'aquest fong, tant en el control com en ambdós tractaments, especialment en l'aigua calenta. La majoria d'espècies no te una incidència de *Streptomyces* gaire elevada, tot i així la única espècie que no està infectada per aquest fong és *Allium porum*. A la figura 19 podem veure que la incidència de *Streptomyces* varia depenent de la espècie. Generalment, sembla ser que els tractaments augmenten la incidència d'aquest fong, amb excepció de *Solanum lycopersicum* i *Brassica oleracea* (col).

A la Il·lustració 5 podem veure una llavor infectada per *Streptomyces*.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 10: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Streptomyces*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Cucurbita pepo HW	5	19,2	A
Cucurbita pepo CS	5	11,0	B
Cucurbita pepo HA	5	8,4	B C
Apium graveolens HA	2	5,0	C D
Brassica oleracea (cauliflower) CS	2	5,0	C D
Brassica oleracea (cauliflower) HA	2	5,0	C D
Petroselinum crispum HW	2	4,5	C D
Brassica oleracea (cabbage) CS	2	2,5	D
Lycopersicum CS	2	2,5	D
Capsicum spp (hot pepper) HW	2	2,0	D
Apium graveolens CS	2	2,0	D
Petroselinum crispum HA	2	2,0	D
Brassica oleracea (cabbage) HW	2	1,5	D
Lactuca sativa HW	2	1,5	D
Pastinaca sativa HW	2	1,5	D
Capsicum spp (hot pepper) HA	2	1,0	D
Daucus carota HW	2	1,0	D
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	0,5	D
Capsicum spp (hot pepper) CS	2	0,5	D
Capsicum spp (paprika) HW	2	0,5	D
Petroselinum crispum CS	2	0,5	D
Pastinaca sativa HA	2	0,5	D

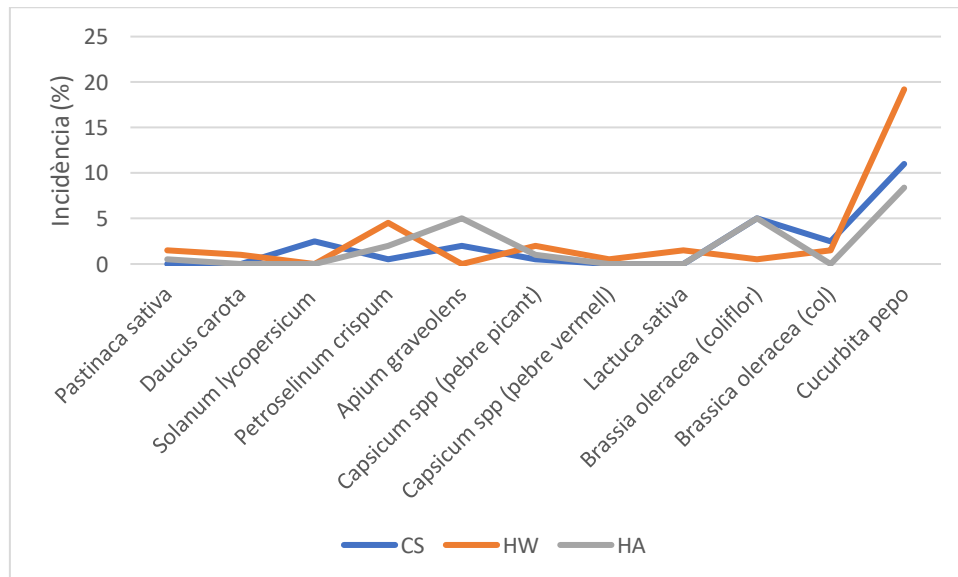
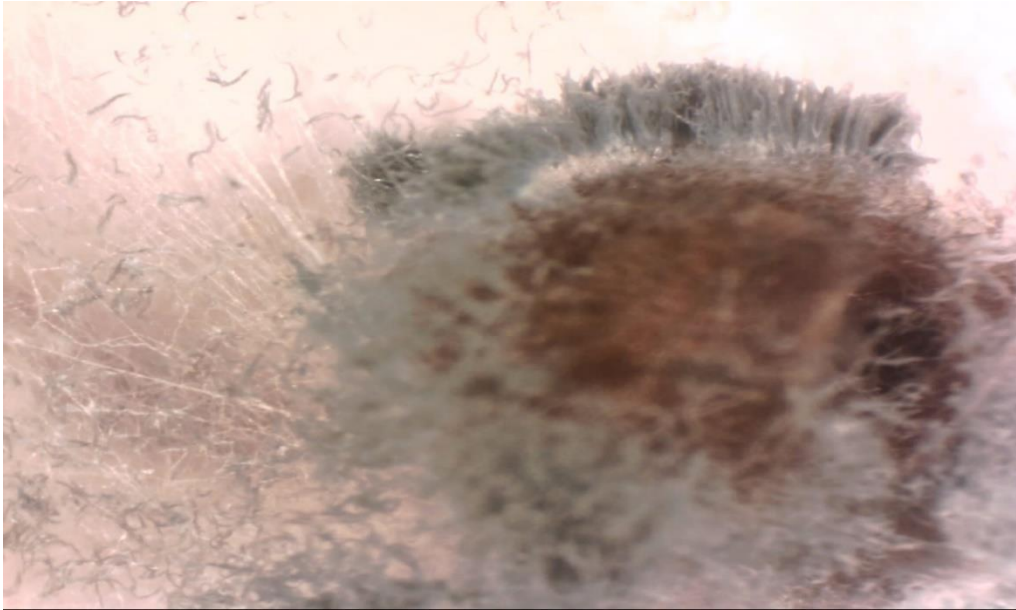


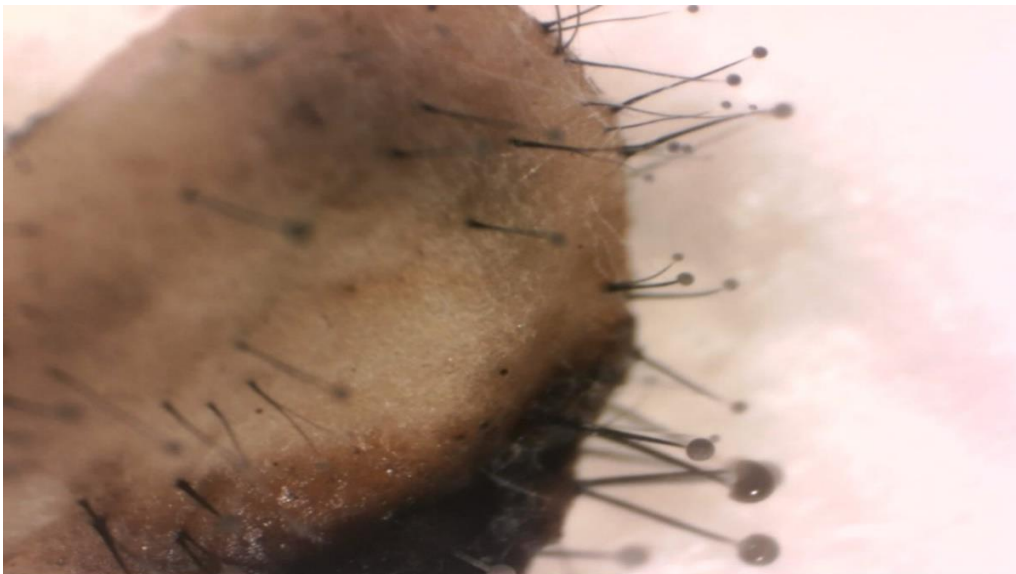
Figura 19: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Streptomyces*.



Il·lustració 5: Llavor infectada per *Streptomyces*

#### Rhizopus

La interacció entre llavor i tractament en el cas de *Rhizopus* no és significativa ja que el p-valor és 0,076. Amb lo qual, no s'estudia aquesta interacció. En la següent Il·lustració 6 es pot veure una llavor infectada per *Rhizopus*.



Il·lustració 6: Llavor infectada per *Rhizopus*

#### Penicillium

El resultat de la interacció entre llavor i tractament per *Penicillium* és significatiu, ja que el p-valor és molt més petit que alfa. Així doncs, es fa la separació de mitjanes mitjançant Tukey per aquesta interacció. La taula 11 mostra aquesta separació de mitjanes per *Penicillium*.

*Cucurbita pepo* és la espècie que té una major incidència de *Penicillium*, quan s'apliquen ambdós tractaments, especialment en l'aigua calenta. La segueix *Brassica oleracea* (coliflor) en aplicar l'aire calent. Tot i així podem veure que la incidència de *Penicillium* no és molt elevada en la resta d'espècies i tractaments, a més hi ha 5 espècies que no estan infectades per aquest fong.



A la figura 20 podem veure que la única espècie que estava infectada per *Penicillium* en el control era *Allium porum* és a dir que els tractaments augmenten la presència de *Penicillium* en tots els casos. Podem veure com la incidència d'aquest fong també varia segons la espècie. A la Il·lustració 7 podem veure un conidi de *Penicillium* vist amb el microscopi, trobat en una llavor infectada per aquest fong. En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 11: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Penicillium*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Cucurbita pepo HW	5	10,0	A
Cucurbita pepo HA	5	7,2	A B
Brassica oleracea (cauliflower) HA	2	4,0	B C
Brassica oleracea (cabbage) HW	2	3,0	B C
Daucus carota HW	2	3,0	B C
Brassica oleracea (cabbage) HA	2	2,5	B C
Petroselinum crispum HA	2	2,0	C
Petroselinum crispum HW	2	2,0	C
Allium porum HA	2	1,0	C
Allium porum CS	2	0,5	C
Brassica oleracea (cauliflower) HW	2	0,5	C
Lactuca sativa HW	2	0,5	C

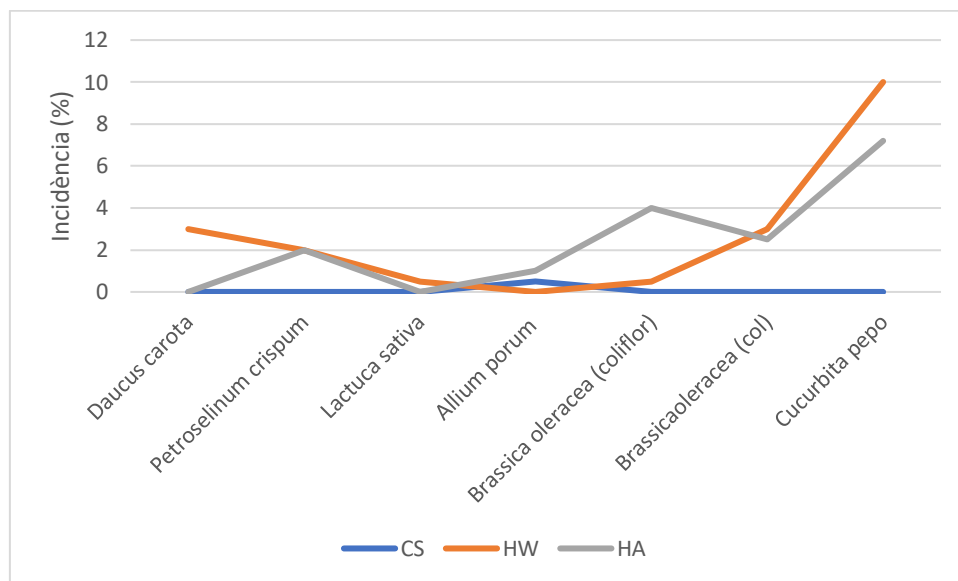
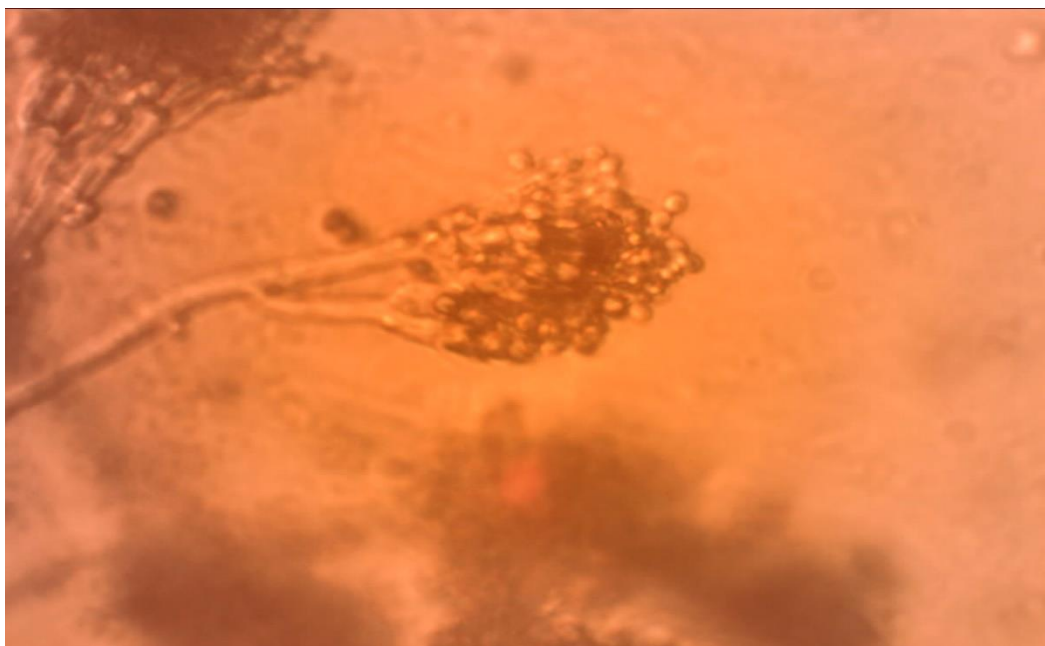


Figura 20: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en *Penicillium*



Il·lustració 7: Conidi de *Penicillium* vist amb el microscopi

#### *Alternaria brassicicola*

*Alternaria brassicicola* només apareix a les espècies de *Brassica oleracea*, per això només s'ha fet un anàlisi estadístic en col i coliflor. Aquest fong encara que només va aparèixer en aquestes dues espècies ha estat inclòs a causa de la seva importància en la família Brassicaceae.

La interacció entre llavor i tractament per *Alternaria brassicicola* és significativa, ja que el p-valor és molt inferior a alfa.

Es fa la separació de mitjanes per Tukey d'aquesta interacció per *Alternaria brassicicola*, tal i com es pot veure a la taula 12.

Com es pot veure, la col en el control és la varietat que té una major incidència d'*Alternaria brassicicola*. A part de la col, només presenten incidència d'aquest fong la coliflor quan s'aplica el tractament d'aigua calenta, i la col quan s'aplica l'aigua calenta. És una incidència molt més baixa, però.

Com es pot veure a la figura 21, els tractaments semblen ser molt eficaços en les dues varietats, especialment amb la col. A la Il·lustració 8 podem veure el conidi d'*Alternaria brassicicola*. En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 12: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en *Alternaria brassicicola*.

Llavor*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Cabbage CS	2	32,5	A
Cauliflower HA	2	1,0	B
Cabbage HW	2	0,5	B
Cabbage HA	2	0,0	B
Cauliflower HW	2	0,0	B
Cauliflower CS	2	-0,0	B

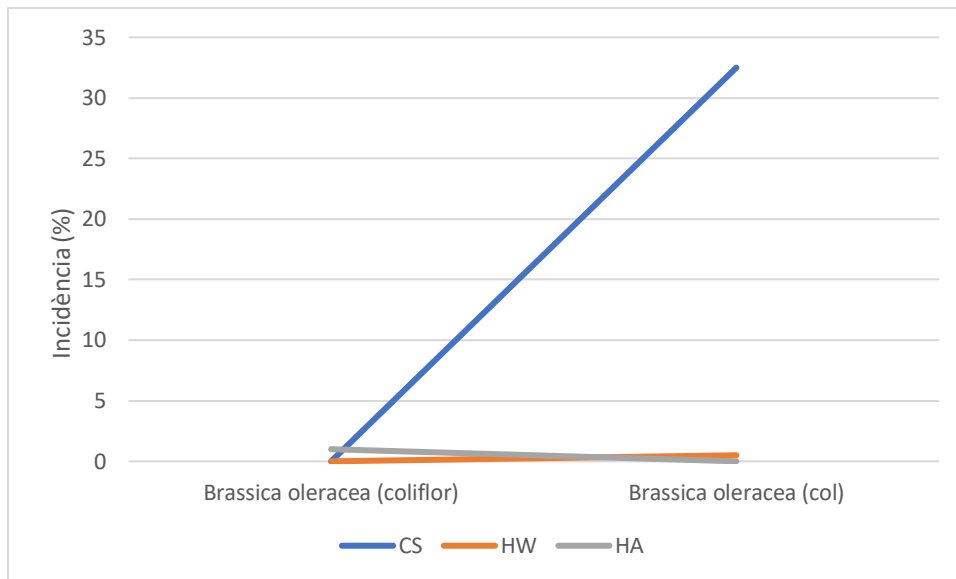


Figura 21: Figura d'interacció entre *Brassica oleracea* spp i tractaments en *Alternaria brassicicola*.



Il·lustració 8: Conidi d'*Alternaria brassicicola* vist amb el microscopi

### 4.3 Efecte dels tractaments en la germinació final i l'energia de germinació en cada espècie.

En aquesta secció, es presenten resultats de la germinació final i l'energia de germinació per a cada espècie en tots els tractaments. És fa l'ANOVA en totes les espècies, tant per la germinació final com per l'energia de germinació, on el factor de l'ANOVA és el tractament. En el cas de que els resultats de l'ANOVA siguin significatius, es farà la separació de mitjanes i es comentarà.

Pastinaca sativa

La figura 14 mostra els resultats obtinguts de la germinació final i energia de germinació en la mostra control i els tractaments

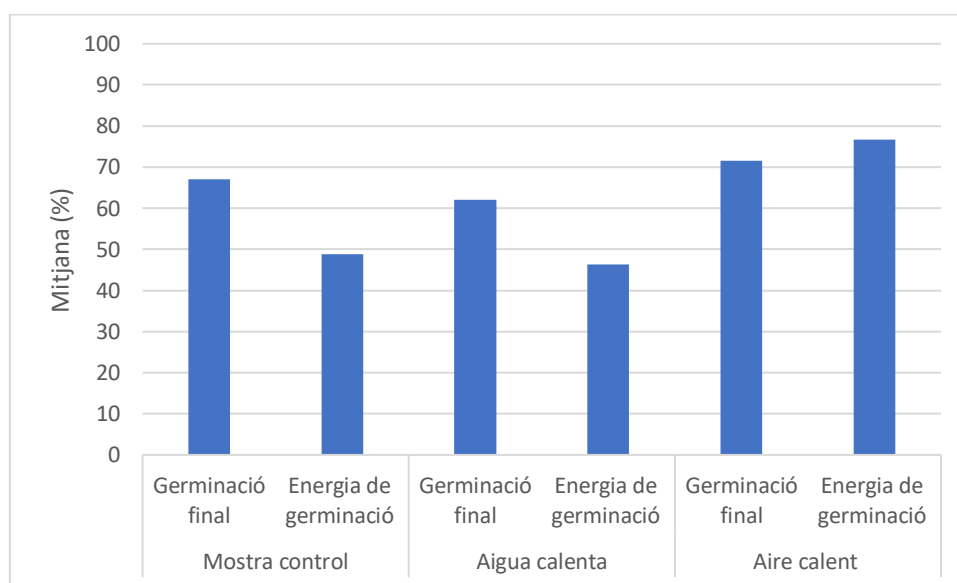


Figura 22: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Pastinaca sativa*.

Com es pot veure a la figura, en el control, la diferència entre la germinació final i l'energia de germinació és d'aproximadament un vint per cent. Això significa que la germinació en un període curt té una mitjana baixa, tot i que la germinació final té una bona mitjana al final.

En el tractament d'aigua calenta tenim resultats similars al control. És en el cas de l'aire calent on ens trobem una mitjana més elevada tant en la germinació final com en l'energia de germinació, especialment en aquesta última si comparem els resultats obtinguts en el control i l'aigua calenta. No hi ha diferències significatives per la germinació final ja que el p-valor obtingut en l'ANOVA és 0,346, valor superior a alfa, però sí que són significatives en l'energia de germinació ja que el seu p-valor és 0,002. En aquest cas es fa la separació de mitjanes, i s'observa que el tractament que té una energia de germinació més elevada és l'aire calent.

## Daucus carota

En la figura 15 podem observar els resultats obtinguts per la germinació final i l'energia de germinació per *Daucus carota*.

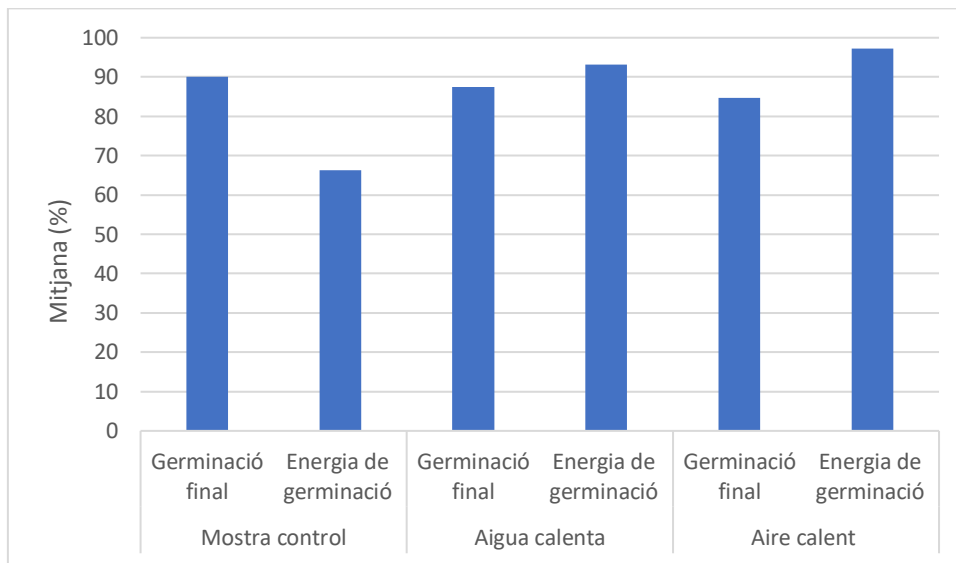


Figura 23: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Daucus carota*.

Com podem observar en la figura, l'energia de germinació és un 20% més baixa que la germinació final en el control. Això és degut a que les llavors tenen un creixement més lent.

En l'aigua calenta el resultat de la germinació final és similar al control. L'energia de germinació però, té una mitjana més elevada en comparació, degut a que les llavors van créixer més ràpid.

Amb el tractament d'aire calent ens trobem resultats similars als de l'aigua calenta. La germinació final és una mica més baixa, però l'energia de germinació és quasi d'un 100%.

En el cas de la germinació final no hi ha diferències significatives degut a que el p-valor obtingut en la prova ANOVA és 0,169, valor superior a alfa, però sí que són significatives per l'energia de germinació ja que el p-valor és 0,001. Al fer la separació de mitjanes s'observa que el tractament que té una energia de germinació més elevada és l'aire calent.

## Solanum lycopersicum

La figura 16 ens mostra els resultats de la germinació final i energia de germinació en tots els tractaments per *Solanum lycopersicum*.

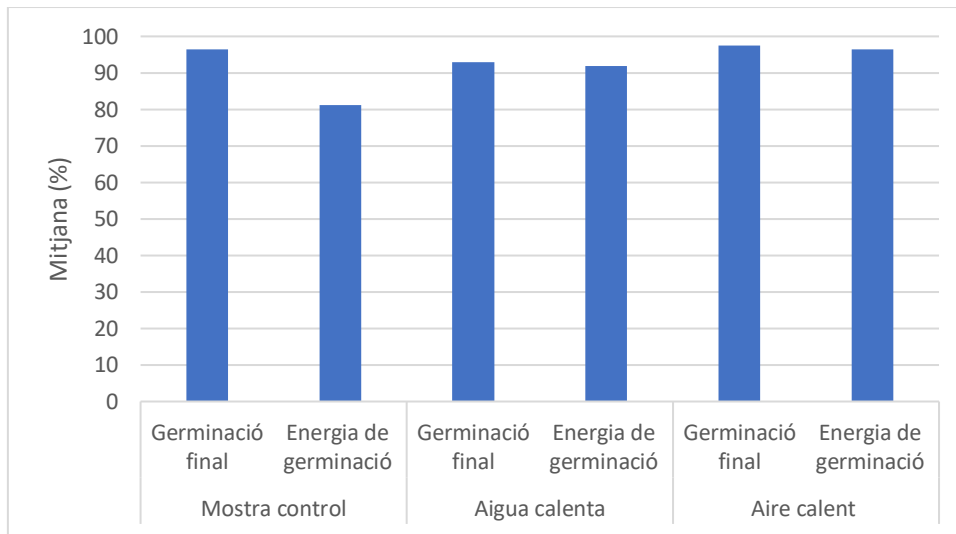


Figura 24: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Solanum lycopersicum*.

Observant la figura veiem com la germinació final en el control és casi d'un 100%. L'energia de germinació és un 20% més baixa. En l'aigua calenta, la germinació final és una mica més baixa en comparació al control, però l'energia de germinació és un 10% més elevada. L'aire calent és el tractament on ens trobem els millors resultats, tant per la germinació final com per l'energia de germinació. La germinació final és igual que al control, però l'energia de germinació és la més elevada de tots els tractaments.

Com en els casos anteriors, en el resultat de la germinació final no hi ha diferències significatives, ja que el resultat del p-valor és 0,334, valor molt superior a alfa, però sí que n'hi ha per l'energia de germinació, ja que el p-valor és 0,003. En aquest cas i com als anteriors, al fer la separació de mitjanes veiem que el tractament que té una energia de germinació més elevada és l'aire calent.

## Petroselinum crispum

Els resultats de la germinació final i l'energia de germinació per *Petroselinum crispum* es mostren en la figura 17:

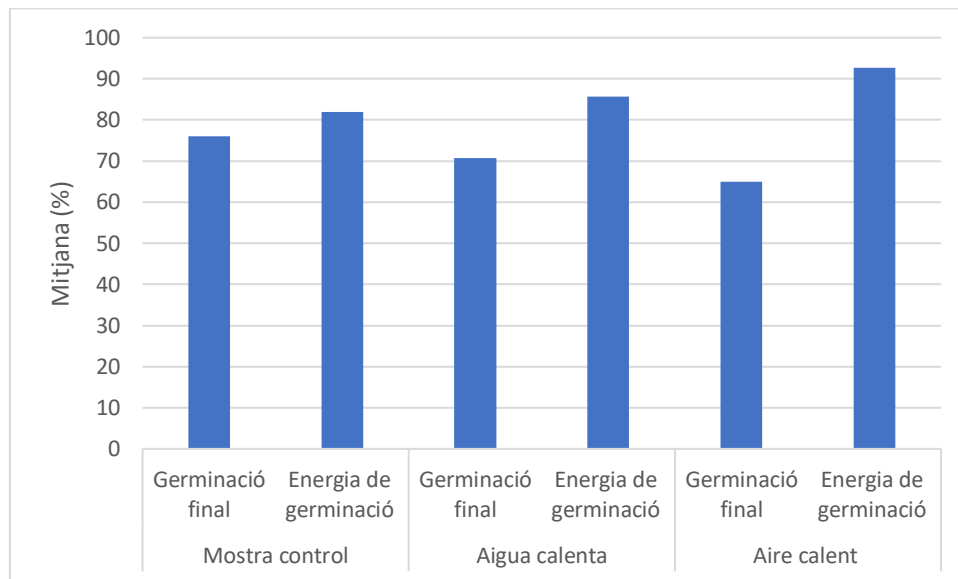


Figura 25: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Petroselinum crispum*.

Tal i com es pot observar en la figura, en aquest cas l'energia de germinació és més elevada que la germinació final al control. En el cas de l'aigua calenta passa el mateix, la germinació final és inferior a l'energia de germinació. Comparant aquest tractament amb el control, veiem que la germinació final és una mica inferior, però que l'energia de germinació és una mica més elevada. En l'aire calent torna a passar el mateix; la germinació final és més baixa que l'energia de germinació. La germinació final en aquest cas és la més baixa, i l'energia de germinació la més elevada.

Tant la germinació final com l'energia de germinació tenen resultats significatius, ja que els seus p-valor obtinguts en l'ANOVA són 0,033 i 0,005 respectivament, tots dos valors inferiors a alfa. Es fa la separació de mitjanes en ambdós casos. En la germinació final observem que el tractament que té una mitjana més elevada és el control. En el cas de l'energia de germinació el tractament amb una mitjana superior és l'aire calent.

## Apium graveolens

La figura 18 mostra els resultats de la germinació final i l'energia de germinació en *Apium graveolens*.

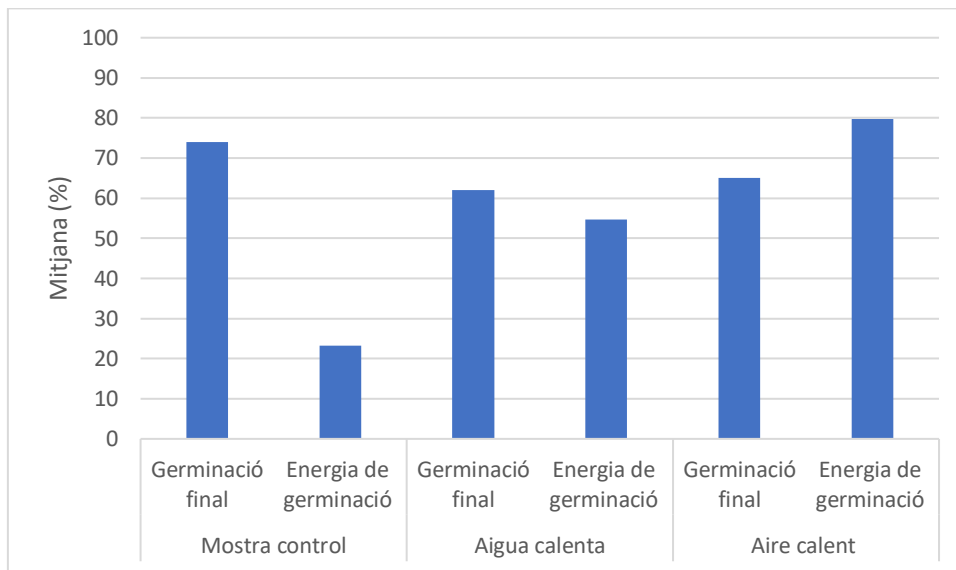


Figura 26: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Apium graveolens*.

Com podem observar en el control, l'energia de germinació és molt més inferior a la germinació final. En l'aigua calenta tot i que la germinació final és una mica més baixa que al control, l'energia de germinació augmenta considerablement.

Amb l'aire calent, tenim una germinació final una mica més elevada que l'aigua calenta, però més baixa que en el control. Ens trobem però, que el valor de l'energia de germinació és el més alt de tots, arribant a un 80%.

Tant la germinació final com l'energia de germinació tenen valors significatius, ja que els p-valor obtinguts en l'ANOVA són valors molt inferiors a alfa. Com els resultats són significatius es fa la separació de mitjanes. En el cas de la germinació final és el control el que té una mitjana superior, per l'energia de germinació és l'aire calent.



Capsicum spp (pebre vermell)

En la figura 19 podem veure els resultats de la germinació final i l'energia de germinació en *Capsicum spp* (pebre vermell)

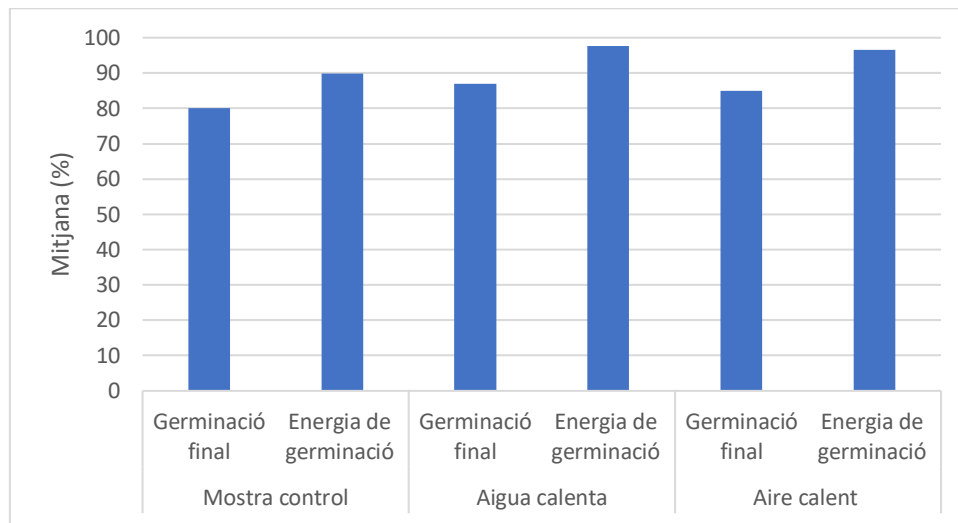


Figura 27: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Capsicum spp* (pebre vermell).

Com podem veure en la figura, els valors tant de la germinació final com l'energia de germinació són valors alts. L'energia de germinació però, té un valor més elevat que la germinació final, d'un 10% més. Ambdós tractaments tenen valors una mica més alts tant en la germinació final com en l'energia de germinació, sent l'aigua calenta el tractament amb els resultats més elevats. Per a la germinació final, el p-valor obtingut en l'ANOVA és de 0,18, de manera que no hi ha diferències significatives ja que és un valor superior a alfa, però per a l'energia de germinació el p-valor obtingut és igual a 0,001, de manera que els resultats en aquest cas són significatius. Com els resultats són significatius es fa la separació de mitjanes i s'observa que és el tractament d'aigua calenta el que té una mitjana superior.

Capsicum spp (pebre picant)

La figura 20 mostra els resultats de la germinació final i energia de germinació per *Capsicum spp* (pebre picant)

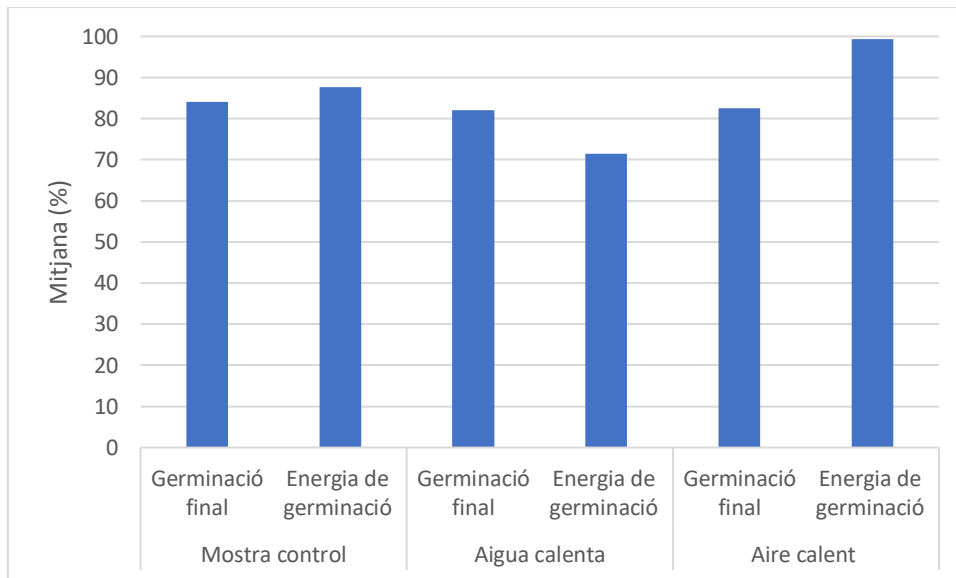


Figura 28: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Capsicum spp* (pebre picant).

Observem que els resultats de la germinació final i energia de germinació en el control superen tots dos el 80%, amb valors molt similars. En l'aigua calenta ens trobem que la germinació final és semblant en comparació al control, però l'energia de germinació és més baixa. L'aire calent també té resultats comparables al control en la germinació final, l'energia de germinació però és major, arribant casi al 100%.

En aquest cas, no hi ha diferències significatives ni per la germinació final ni per l'energia de germinació, ja que els p-valors obtinguts en l'ANOVA són 0,879 i 0,4 respectivament, valors superiors al valor d'alfa.

## Lactuca sativa

Els resultats de la germinació final i energia de germinació es mostren a la taula 21:

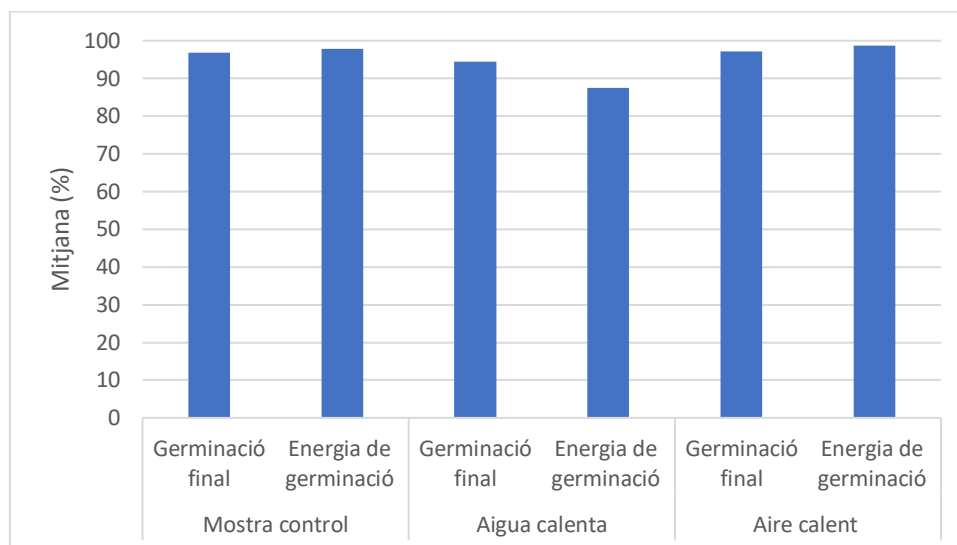


Figura 29: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Lactuca sativa*.

Tal i com es pot veure en la figura, la mitjana tant de la germinació final com de l'energia de germinació és molt elevada en tots els tractaments.

En el control la germinació final i l'energia de germinació tenen valors similars, casi d'un 100%.

En el cas de l'aigua calenta, la germinació final té valors similars al control, però l'energia de germinació és una mica més baixa. L'aire calent té valors similars al control, també arribant casi al 100%.

En el resultat de la germinació final no hi ha diferències significatives, ja que el p-valor obtingut en l'ANOVA és 0,134, valor superior a alfa, però sí que són significatives en el cas de l'energia de germinació on el p-valor és molt inferior a alfa. En aquest cas al fer la separació de mitjanes per l'energia de germinació, veiem que és el tractament d'aire calent el que té una mitjana superior.

## Allium porum

La figura 22 mostra els resultats de la germinació final i energia de germinació per *Allium porum*.

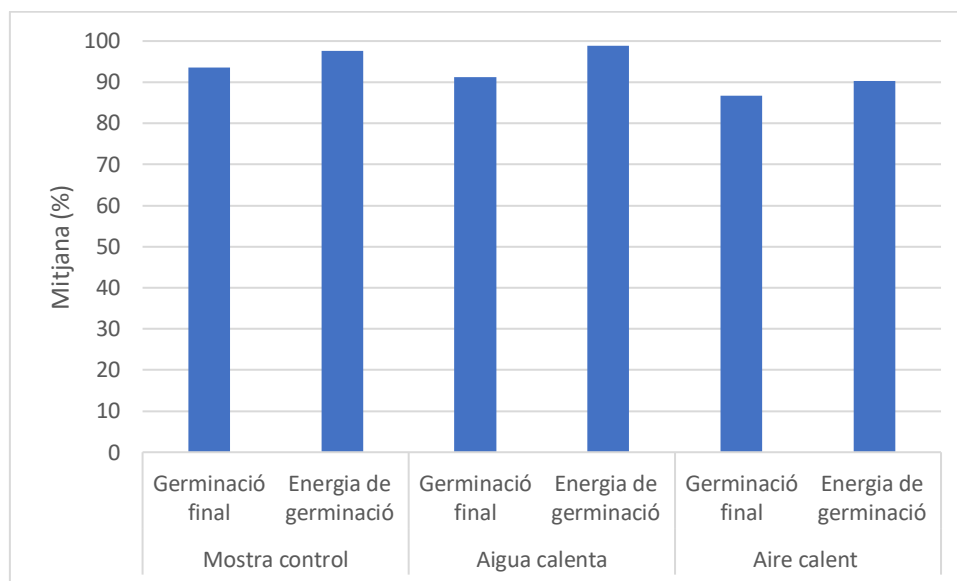


Figura 30: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Allium porum*.

Com es pot veure en la figura, els resultats tant de la germinació final com l'energia de germinació són també molt bons.

En el control tots dos valors són superiors al 90%, sent el valor de l'energia de germinació una mica més alt. En l'aigua calenta ens trobem que la germinació final és una mica més baixa en comparació al control, i l'energia de germinació una mica més alta. L'aire calent és el tractament amb valors més baixos tant en la germinació final com l'energia de germinació, tot i així els valors són superiors al 85% en els dos casos.

Tant la germinació final com l'energia de germinació tenen resultats significatius, ja que els p-valor obtinguts de l'ANOVA són 0,012 i 0,035 respectivament, valors inferiors a alfa. Al ser resultats significatius es fa la separació de mitjanes en els dos casos. Per la germinació final observem que és en el control on trobem una mitjana més elevada. En el cas de l'energia de germinació és l'aigua calenta on trobem una mitjana superior a la resta.

Brassica oleracea (col)

En la figura 23 podem veure els resultats de germinació final i energia de germinació per *Brassica oleracea* (col).

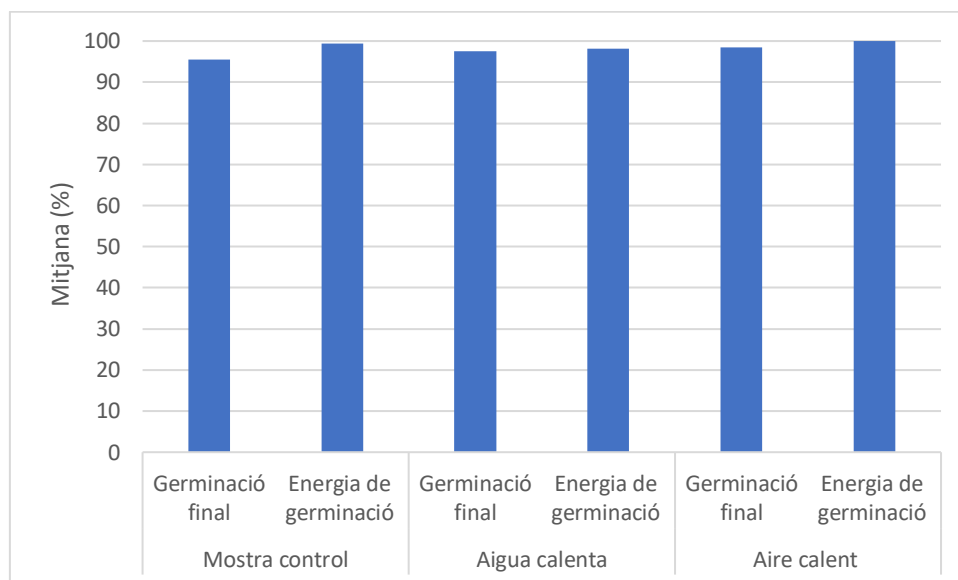


Figura 31: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Brassica oleracea* (col)

Podem observar en la figura que tant la germinació final com l'energia de germinació, tenen valors molt propers al 100% en el control i ambdós tractaments. És en el cas de l'energia de germinació en l'aire calent on ens trobem el valor més alt. En els resultats no hi ha diferències significatives ni per la germinació final, on el p-valor obtingut de la prova ANOVA és 0,094, ni per l'energia de germinació, on el p-valor és 0,07. Tots dos valors són superiors a alfa.

Brassica oleracea (coliflor)

La figura 24 mostra els resultats de germinació final i energia de germinació per *Brassica oleracea* (coliflor)

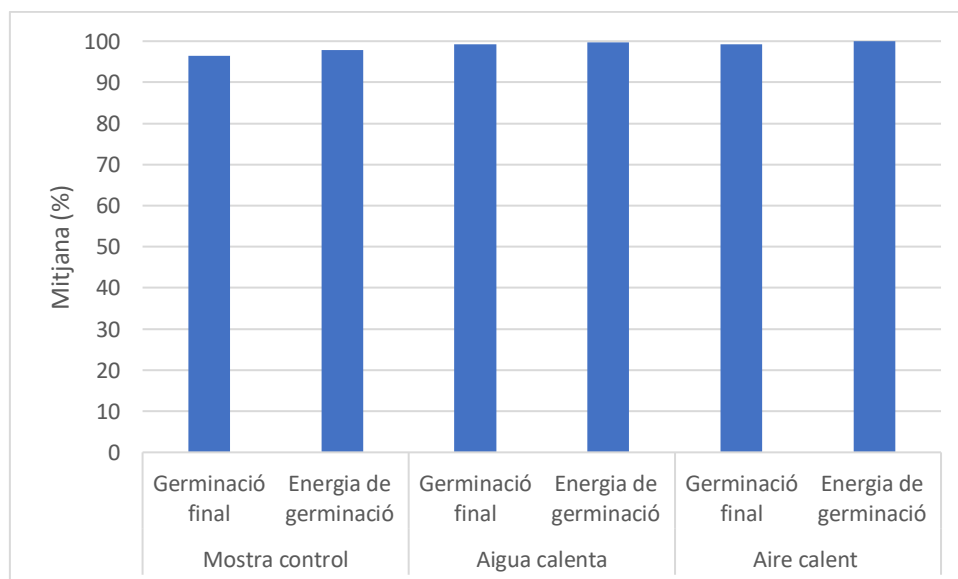


Figura 32: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Brassica oleracea* (coliflor)

Observem en la figura que les llavors de la coliflor tenen resultats molt similars a la col. En tots els tractaments s'arriba pràcticament al 100% tant per la germinació final com per l'energia de germinació. Veiem però, que els dos tractaments tenen valors una mica més elevats en comparació al control.

Els resultats per la germinació final son significatius degut a que el p-valor obtingut de l'ANOVA és 0,028, valor inferior a alfa, però no ho són per l'energia de germinació ja que el p-valor és superior a alfa (0,108). És fa la separació de mitjanes en el cas de la germinació final ja que el resultat és significatiu, i s'observa que tant l'aigua calenta com l'aire calent tenen la mateixa mitjana.

#### Cucurbita pepo

La figura 25 mostra els resultats de germinació final i energia de germinació per *Cucurbita pepo*.

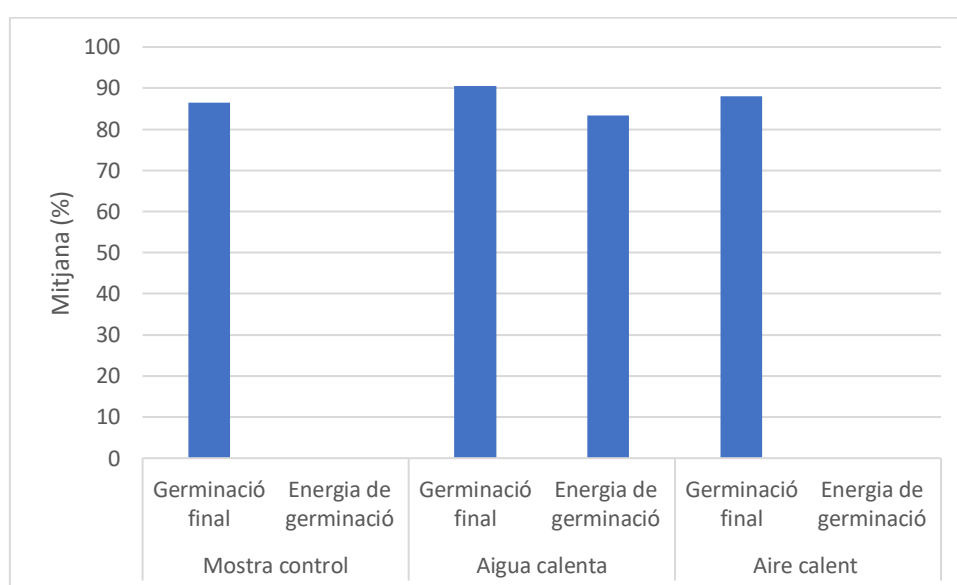


Figura 33: Mitjana de la germinació final i energia de germinació en *Cucurbita pepo*.

Tal i com podem observar en la figura, l'energia de germinació en el control és 0, mentre que la germinació final te un valor superior al 85%, això és degut a que en la germinació en període curt no havia germinat cap llavor. En l'aigua calenta podem veure un valor una mica superior de la germinació final en comparació al control, i observem que l'energia de germinació arriba a un valor superior al 80%. En el cas de l'aire calent tenim resultats similars al control, l'energia de germinació també és d'un 0%. El resultat del p-valor obtingut en l'ANOVA per la germinació final és 0,207, per tant no hi ha diferències significatives, ja que és un valor superior a alfa. Si que ho són però, per l'energia de germinació, on el p-valor és molt inferior a alfa. Com els resultats són significatius és fa la separació de mitjanes, i s'observa que l'aigua calenta te una mitjana molt superior a la resta, tenint diferències significatives entre els altres tractaments.

#### 4.4 Interacció entre el tractament i les espècies per a la germinació final.

En aquesta secció s'analitza la interacció entre el tractament i les espècies d'hortalisses per a la germinació final. En cas de tenir resultats significatius, aquesta interacció es comenta.

Els resultats de l'ANOVA per a la interacció són molt significatius, ja que el p-valor és 0,001.

La taula 13 mostra els resultats de la separació de mitjanes mitjançant Tukey, amb la interacció entre espècie i tractament.

Podem observar que la majoria d'espècies assoleixen una germinació final superior al 80% tant amb els tractaments com en el control. La espècie que tenen una mitjana superior a la resta, arribant casi al 100%, és *Brassica oleracea spp*, quan s'apliquen els tractaments. *Pastinaca sativa* i *Apium graveolens* amb el tractament d'aigua calenta, són les espècies que han tingut majors problemes per germinar, ja que la mitjana de germinació final no supera el 65%. En la figura 34 podem observar que la germinació final no varia gaire entre el control i els tractaments en cap cas, ni millora ni empitjora. En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 13: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en la germinació final

Seeds*Treatment	N	Mitjana	Agrupació
Brassica oleracea (cauliflower) HA	4	99,25	A
Brassica oleracea (cauliflower) HW	4	99,25	A
Brassica oleracea (cabbage) HA	4	98,50	A B
Brassica oleracea (cabbage) HW	4	97,50	A B
Lycopersicum HA	4	97,50	A B
Lactuca sativa HA	4	97,25	A B
Lactuca sativa CS	4	96,75	A B C
Brassica oleracea (cauliflower) CS	4	96,50	A B C
Lycopersicum CS	4	96,50	A B C
Brassica oleracea (cabbage) CS	4	95,50	A B C D
Lactuca sativa HW	4	94,50	A B C D E
Allium porum CS	4	93,50	A B C D E F
Lycopersicum HW	4	93,00	A B C D E F
Allium porum HW	4	91,25	A B C D E F G
Cucurbita pepo HW	4	90,50	A B C D E F G
Daucus carota CS	4	90,00	A B C D E F G
Cucurbita pepo HA	4	88,00	A B C D E F G H
Daucus carota HW	4	87,50	A B C D E F G H
Capsicum spp (paprika) HW	4	87,00	B C D E F G H
Allium porum HA	4	86,75	B C D E F G H
Cucurbita pepo CS	4	86,50	B C D E F G H
Capsicum spp (paprika) HA	4	85,00	C D E F G H I
Daucus carota HA	4	84,75	C D E F G H I
Capsicum spp (hot pepper) CS	4	84,00	D E F G H I
Capsicum spp (hot pepper) HA	4	82,50	E F G H I J
Capsicum spp (hot pepper) HW	4	82,00	F G H I J
Capsicum spp (paprika) CS	4	80,00	G H I J
Petroselinum crispum CS	4	76,00	H I J K
Apium graveolens CS	4	74,00	I J K L
Pastinaca sativa HA	4	71,50	J K L
Petroselinum crispum HW	4	70,75	J K L
Pastinaca sativa CS	4	67,00	K L
Apium graveolens HA	4	65,00	K L
Petroselinum crispum HA	4	65,00	K L
Pastinaca sativa HW	4	62,00	L
Apium graveolens HW	4	62,00	L



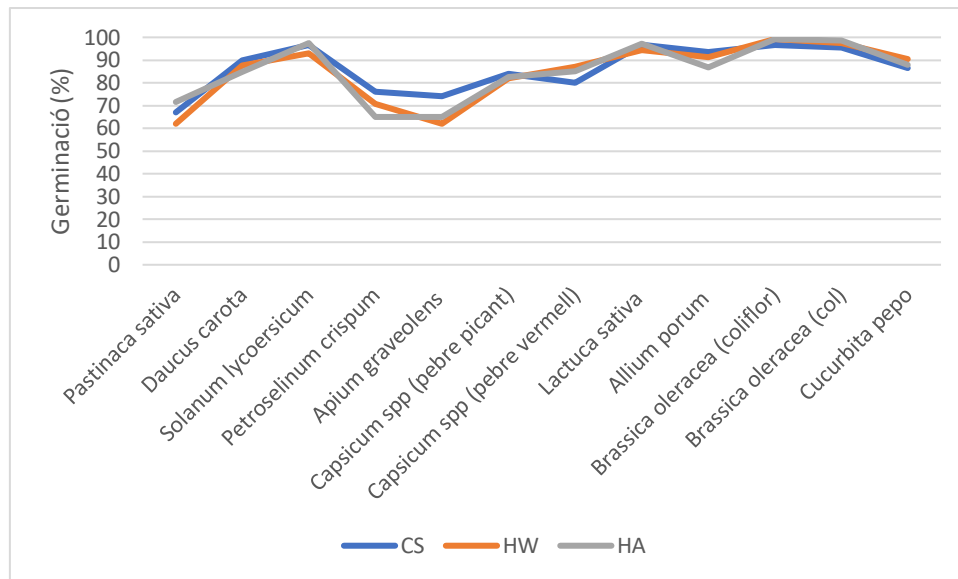


Figura 34: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments en la germinació final

#### 4.5 Interacció entre el tractament i les espècies per l'energia de germinació.

En aquest apartat s'analitza la interacció entre el tractament i les espècies per a l'energia de germinació. Es fa l'ANOVA de dues variables per veure si el resultat de la interacció és significatiu. Com en l'apartat anterior, si aquesta interacció és significativa, es fa una separació de mitjanes mitjançant Tukey, per tal d'estudiar detalladament aquesta interacció.

Com el resultat en aquest cas és molt significatiu ja que el p-valor és molt inferior a alfa, es presenta la següent taula 14 on es mostra la separació de mitjanes de la interacció per a l'energia de germinació.

Com podem observar en la taula 14, *Brassica oleracea* (col) i *Brassica oleracea* (coliflor) és l'espècie que té el valor més elevat quan s'aplica el tractament d'aire calent, arribant al 100%.

*Cucurbita pepo* tant en el control com amb l'aire calent, és l'espècie que té un valor més baix, sent aquest valor un 0.

A diferència de la germinació final, en aquest cas podem observar en la figura 35 que els tractaments sí que tenen un efecte positiu, ja que en la majoria de casos els tractaments augmenten l'energia de germinació. El tractament d'aire calent sembla ser que és el tractament que té més efectes positius en l'energia de germinació en totes les espècies excepte *Cucurbita pepo*. Podem veure que en aquest cas l'energia de germinació depèn de l'espècie.

En tots els casos CS fa referència a la mostra control, HW al tractament d'aigua calenta, i HA al tractament d'aire calent.

Taula 14: Separació de mitjanes mitjançant Tukey per a la interacció entre llavor i tractament en l'energia de germinació.

Seeds*Tractament	N	Mitjana	Agrupació
Brassica oleracea (cabbage) HA	4	100,00	A
Brassica oleracea (cauliflower) HA	4	100,00	A
Brassica oleracea (cauliflower) HW	4	99,75	A
Brassica oleracea (cabbage) CS	4	99,50	A
Capsicum spp (hot pepper) HA	4	99,25	A
Allium porum HW	4	99,00	A
Lactuca sativa HA	4	98,75	A
Brassica oleracea (cabbage) HW	4	98,25	A
Lactuca sativa CS	4	98,00	A
Brassica oleracea (cauliflower) CS	4	98,00	A
Capsicum spp (paprika) HW	4	97,75	A
Allium porum CS	4	97,75	A
Daucus carota HA	4	97,00	A
Capsicum spp (paprika) HA	4	96,75	A B
Lycopersicum HA	4	96,25	A B
Daucus carota HW	4	92,50	A B
Petroselinum crispum HA	4	92,50	A B
Lycopersicum HW	4	91,75	A B
Allium porum HA	4	90,00	A B C
Capsicum spp (paprika) CS	4	89,50	A B C
Lactuca sativa HW	4	87,50	A B C
Capsicum spp (hot pepper) CS	4	87,25	A B C
Petroselinum crispum HW	4	85,00	A B C
Cucurbita pepo HW	4	83,25	A B C
Petroselinum crispum CS	4	81,50	A B C
Lycopersicum CS	4	80,75	A B C
Apium graveolens HA	4	79,25	A B C D
Pastinaca sativa HA	4	76,25	A B C D
Capsicum spp (hot pepper) HW	4	71,25	B C D E
Daucus carota CS	4	65,75	C D E
Apium graveolens HW	4	54,50	D E
Pastinaca sativa CS	4	48,75	E
Pastinaca sativa HW	4	46,00	E F
Apium graveolens CS	4	23,00	F G
Cucurbita pepo CS	4	0,00	G
Cucurbita pepo HA	4	0,00	G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

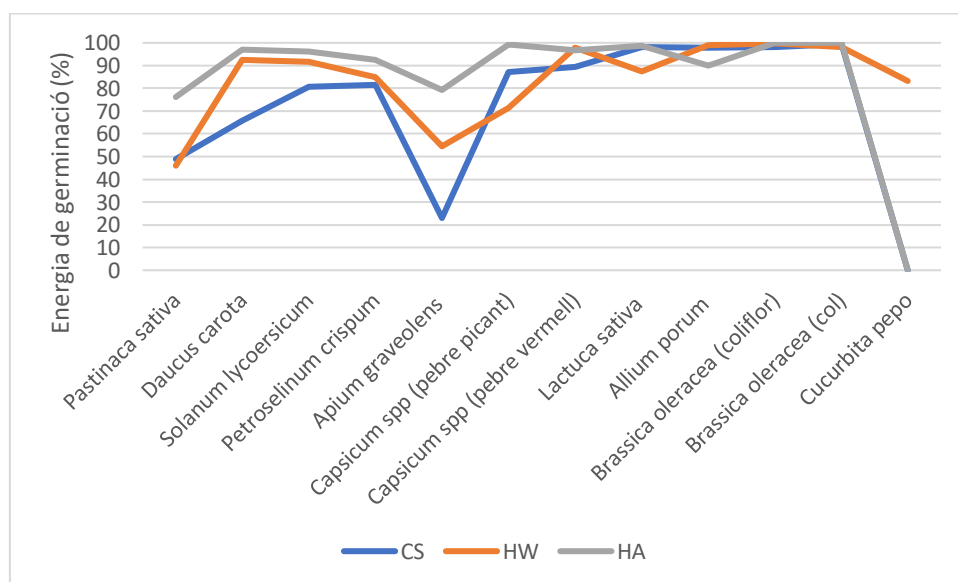


Figura 35: Figura d'interacció entre totes les espècies i tractaments per l'energia de germinació

## 5. Discussió

A continuació, es fa la discussió sobre els resultats en la incidència de fongs i germinació; en primer lloc, sobre els fongs, i després sobre la germinació. Contràriament al que sembli, tant l'aigua calenta com el tractament d'aire calent han demostrat ser ineficaços per als fongs en la majoria de casos i aquests resultats també s'analitzaran detalladament a continuació en aquest apartat tot i la dificultat extraordinària, ja que hi ha poques publicacions sobre aquest tema. En primer lloc s'ha d'esmentar que el tractament d'aigua calenta penetra molt millor dins la llavor que no pas el tractament d'aire calent.

### 5.1 Discussió sobre els fongs

Espècies de fongs per a les quals el tractament funciona amb aigua calenta i aire calent:

Un dels pocs fongs on el tractament d'aigua calenta va funcionar va ser a *Alternaria alternata*. Com a conseqüència d'això, en aquest fong en particular, l'aigua calenta penetra millor dins de les espores i inhibeix la germinació del fong. D'altra banda, l'aigua calenta podria afavorir la germinació del fong, ja que aquest fong necessita un 90% d'humitat relativa per germinació (Manjunath Hubballi et al., 2010). En qualsevol cas, sembla que la temperatura és més que rellevant per a aquest fong. Els nostres resultats coincideixen amb Eva Nega et al; 2003, on es demostra l'eficàcia de la reducció d'*Alternaria alternata* quan s'aplica el tractament d'aigua calenta en *Lactuca sativa* i *Apium graveolens*.

L'únic fong en que els nostres resultats estan en acord complet amb els resultats de la bibliografia és *Alternaria brassicicola*. En aquest cas, l'aigua calenta i el tractament d'aire calent són efectius (taula 12). *Alternaria brassicicola* només infecta *Brassica oleracea*, ja que aquest fong és específic de plantes crucíferes (Marcin Nowicki et al., 2012). Els nostres resultats coincideixen amb els resultats d'Eva Nega et al., 2003 on el tractament d'aigua calenta ha demostrat la seva eficàcia eliminant *Alternaria brassicicola* en llavors de *Brassica oleracea*. Els nostres resultats també coincideixen amb els resultats de Martin Mebalds et al; 1996 on s'ha demostrat l'eficiència del tractament d'aire calent en les llavors *Brassica oleracea*, tot i que en aquest estudi s'aplica aquest tractament a 51°C durant 40 minuts.

Espècies en les quals els tractaments estimulen el creixement del fong:

Els resultats obtinguts a *Fusarium oxysporum* són especialment difícils d'explicar, ja que la incidència de *Fusarium oxysporum* s'ha incrementat amb l'aplicació d'aigua calenta i aire calent en contra del que s'esperava, ja que la temperatura òptima de desenvolupament d'aquest fong es troba entre els 20-30°C (Blanca B. Landa et al., 2001). Encara que la colònia es desenvolupa millor amb una humitat relativa més alta, l'aire calent és el tractament amb major incidència de *Fusarium oxysporum*. Les espècies més infectades eren *Capsicum spp* i *Petroselinum crispum* (taula 6). Això no està d'acord amb els resultats obtinguts per Arbelaez Torres; 2000. Segons aquest autor, *Fusarium oxysporum* és més susceptible d'infectar *Solanum lycopersicum*, *Apium graveolens* i *Brassica oleracea*.

Els resultats obtinguts amb *Cladosporium* també són difícils d'explicar, el mateix que passa amb *Fusarium oxysporum*. Els tractaments d'aigua calenta i d'aire calent, en comptes de reduir la presència del fong, l'han incrementat, especialment en les espècies que presenten una llavor més gran. En general, es considera que la temperatura òptima de *Cladosporium* és de 18 a 28°C. La majoria de les subespècies de *Cladosporium* poden créixer a 30-35°C, però hi ha algunes

subespècies que poden a temperatures superiors a 35-37°C (Institut national de santé publique, Quebec). Podríem pensar que la subespècie que proliferava en el nostre tractament és una de les poques espècies que pot superar els 37°C.

La infecció per *Penicillium* també augmenta quan s'apliquen tractaments d'aigua calenta i aire calent, tot i que en general no té una taxa d'infecció molt elevada en les espècies estudiades. Una possible explicació és que aquest fong pot créixer si té prou humitat en la seva superfície. L'altra hipòtesi per explicar les baixes taxes d'infecció és que *Penicillium* necessita una temperatura òptima de 25°C i creix molt poc a temperatures superiors a 37°C (John I. Pitt, 2009).

Espècies per les quals hi ha una petita presència del fong:

*Epicoccum*, *Stemphylium*, *Streptomyces* i *Rhizopus* van tenir poca influència en el control, per tant, és difícil donar resultats sobre l'efecte dels tractaments en la proliferació d'aquesta espècie, especialment en *Epicoccum* i *Stemphylium*.

En el cas *Streptomyces*, la major incidència es produeix a *Cucurbita pepo* per a tots els tractaments. Aquests resultats coincideixen amb Meg Tuttle McGrath; 2016 on es demostra que els tractaments tèrmics que inclouen aigua calenta i aire calent no funcionen bé en llavors grans. Per a *Rhizopus*, les colònies creixen millor a 27°C però poden suportar temperatures fins a 40°C. Normalment, les diferents espècies de *Rhizopus* comencen a ser incapaces de créixer a 45°C (Went & Prins. Geerl; 2014). Podríem pensar que com la temperatura de l'aigua calenta i de l'aire calent era superior a 45°C, *Rhizopus* no va tenir èxit en el seu desenvolupament.

## 5.2 Discussió de la germinació final i l'energia de germinació

A la secció anterior hem vist que el tractament contra els fongs és generalment ineficaç. Seria massa si aquests tractaments inhibissin també la germinació.

La mitjana final de germinació és extremadament alta en tots els tractaments. *Brassica oleracea* spp va ser l'espècie que va tenir una germinació més elevada, gairebé aconseguint un 100% de llavors germinades. Una possible explicació és que es tracta d'una espècie que pot germinar en diferents temperatures, encara que les temperatures òptimes es troben entre 21-24°C (KA Delahaut et al., 1997), ja que presenta una alta resistència al fred i a la calor, i s'adapta a sòls molt diversos, tant bàsic com àcid.

Els nostres resultats no estan d'acord amb K. A Delahaut; 1997, on es diu que *Brassica oleracea* spp pot tenir una reducció de la taxa de germinació al tractar les llavors amb tractament d'aigua calenta.

La temperatura òptima de germinació per *Lactuca sativa* és d'entre 18-20°C (mapama, 2000), tot i que pot créixer a temperatures entre 5-25°C. Així doncs, aquesta espècie tenia la seva temperatura òptima de germinació a la cambra. *Solanum lycopersicum* té una temperatura de germinació òptima entre 20-27°C, però també pot créixer a temperatures entre 7-35°C, encara que quan la temperatura és inferior a 15°C i superior a 32°C, la producció de pol·len és molt baixa (Dr. Major Singh et al., 2016). *Allium porum* pot créixer a la majoria de les zones climàtiques de tot el món, des de climes tropicals, fins a temperatures fredes (Eric Block, 2015), però la temperatura òptima és d'entre 13 i 24°C.

Així que la meua hipòtesi és que, atès que aquestes tres espècies diferents *Lactuca sativa*, *Solanum lycopersicum* i *Allium porum* tenien la seva temperatura òptima a prop de la temperatura de la càmera de germinació, no tenien problemes per germinar, ja que tots tenien més del 90% de llavors germinades.

*Petroselinum crispum* té una temperatura òptima entre 22-30°C, temperatura similar a la de la germinació. Tot i això, *Petroselinum crispum* té una de les germinacions finals més baixes. Podríem pensar que això és degut a que *Petroselinum crispum* té furanocoumarins (apigenina), que és una classe de compost químic orgànic produït per algunes plantes com un mecanisme de defensa contra diversos tipus de depredadors i fa que la germinació sigui més difícil (Hellen Meyer *et al.*, 2006). Aquest compost químic és típic de la família Apiaceae.

*Apium graveolens* pertany a la mateixa família que *Petroselinum crispum*, és a dir que aquesta planta també té apigenina, un compost químic orgànic que fa que la germinació sigui més difícil. La seva temperatura òptima és entre 12-28°C, tot i que pot créixer en un rang de 4 a 45°C (Sukhwinder Singh; 2016). *Pastinaca sativa* prefereix una temperatura fresca (16-20°C), són les condicions per a una maduresa i qualitat òptimes de l'arrel. Però aquesta espècie de per si, només té un 40% de germinació (Tassie *et al.*, 2014). Així, encara que hem augmentat una mica la germinació, especialment quan s'aplica el tractament d'aire calent, *Pastinaca sativa* és una espècie que té problemes per germinar.

Pel que fa l'energia de germinació, *Brassica oleracea* és l'espècie que té el valor més alt, arribant al 100%, el que significa que les llavors germinen molt ràpidament. En tots els casos on l'energia de germinació té un valor elevat (superior a un 80%), les llavors també creixen més vigoroses. L'energia de la germinació per *Brassica oleracea spp* augmenta quan s'apliquen els dos tractaments. Aquest resultat no coincideix amb Meg Tuttle McGrath; 2016 ja que diu que el tractament d'aigua calenta provoca pèrdues significatives en la germinació i el vigor de les llavors.

En el cas de *Cucurbita pepo*, ja que és una llavor més gran, els tractaments no funcionen millor, però l'energia de la germinació augmenta aplicant tractament d'aigua calenta. La meua hipòtesi és que, com *Cucurbita pepo* necessita una temporada de pluges calenta i ben definida (R. Lira Saade *et al.*, 2013) el tractament d'aigua calenta ha proporcionat les seves necessitats hídriques a les llavors.

## 6. Conclusions

Les hipòtesis d'aquest treball consistien en demostrar que els dos tractaments tèrmics es reduïa la incidència dels fongs, i també la germinació final i l'energia de germinació. Començant per la primera hipòtesis, només s'han trobat dos fongs per als quals els tractaments han reduït la seva presència: *Alternaria alternata*, *Alternaria brassicicola*. La resta dels fongs augmenten la seva incidència o es mantenen igual que al control. S'ha de tenir en compte també que la incidència dels fongs varia segons l'espècie.

Així doncs, la primera hipòtesi és rebutjada, ja que els tractaments no redueixen la majoria dels fongs trobats en l'experiment.

La germinació final es manté igual després de l'aplicació dels tractaments, no hi ha efectes positius o negatius. Tanmateix, per a l'energia de la germinació, els tractaments d'aigua calenta i aire calent augmenten l'energia de la germinació, contràriament a la hipòtesi indicada. En aquest cas, també s'ha de rebutjar la hipòtesi.

És a dir, els tractaments són ineficaços per la gran majoria de fongs, però tenen un efecte positiu en l'energia de germinació, al contrari del que s'havia plantejat en les hipòtesis prèvies.

## 7. Bibliografía

- A. Schmitt, M. J. C. K. H. J. K. S. J. R. S. a I. W. T. A. G. F. F. T. M. L. G. M. W. J. V. D. W. S. P. C. G. S. W. and Koch, E. (2006) 'STOVE: Seed treatments for organic vegetable production', *Presented at the European Joint Organic Congress, Odense, Denmark, 2006*.
- Arbeláez, G. (2000) 'Some aspects of Fusarium genus and the Fusarium oxysporum species', *Agronomía Colombiana*, 17, pp. 11–22.
- Block, E. (1985) 'The Chemistry of Garlic and Onions', *Scientific American*, 252(3), pp. 114–118.
- Bryant, B. H., Saunders, O. and Specialists, R. F. (no date) 'Hot Water Seed Treatment'.
- Buğday, T., Sürme, T. and Mücadele, B. (2017) 'Türkiye Buğday Tarımında Sürme Hastalığı ve Biyoteknolojik Mücadele Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi', (January).
- Burgett, A. *et al.* (2015) 'Organic Oils as Seed Treatments for Soybeans to Inhibit Fungal Growth', (December).
- Delahaut, K. A. and Newenhouse, A. C. (1997) 'Growing broccoli, cauliflower, cabbage and other cole crops in Wisconsin.', *University of Wisconsin*, p. 20.
- Delgado-Paredes, G. E. *et al.* (2014) 'Characterization of Fruits and Seeds of Some Cucurbits in Northern Perú', *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(1), pp. 7–20.
- 'Epicoccum nigrum LINK : A biological control' (1997), 36(4), pp. 215–216.
- Forsberg, G. (2004) *Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment*.
- Frisvad, J. *et al.* (2006) *Advances in Food Mycology: Understanding the fungi producing important mycotoxins: Important mycotoxins and the fungi which produce them*, *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Fruns, L. E. and Ecología, I. De (2009) 'Proyecto Recopilación y análisis de la información existente de las especies de los géneros Cucurbita y Sechium que crecen y / o se cultivan en México Responsable Dr. Rafael Lira Saade, FES Iztacala, UNAM Co-responsables Dr. Salvador Montes Hernández', (Mayo).
- Hocking, A. D. *et al.* (eds) (2006) *Advances in Food Mycology*. Boston, MA: Springer US (Advances in Experimental Medicine and Biology).
- Hogweed, G., Macdonald, F. and Anderson, H. (2012) 'Wild Parsnip: Best Management Practices in Ontario', *Ontario Invasive Plant Council*.
- Hubballi, M. *et al.* (2010) 'Effect of Environmental Conditions on Growth of Alternaria alternata Causing Leaf Blight of Noni', *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), pp. 171–177.
- Koch, E. *et al.* (2010) 'Evaluation of non-chemical seed treatment methods for the control of Alternaria dauci and A. radicina on carrot seeds', *European Journal of Plant Pathology*, 127(1), pp. 99–112.
- Kortekamp, A. (1997) *Epicoccum nigrum LINK: A biological control agent of Plasmopara viticola (BERK. et CURT.) BERL. et DE TONI, Vitis*.
- Kozlowski, T. T. (Theodore T. (1972) *Seed biology. Volume 2, Germination control, Metabolism, and pathology*. Academic Press.

- Kristensen, L. and Borgen, A. (2000) *Water based heat treatments to control Tilletia tritici in wheat in organic agriculture*.
- Landa, B. B. *et al.* (2001) 'Influence of Temperature and Inoculum Density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on Suppression of Fusarium Wilt of Chickpea by Rhizosphere Bacteria', *Phytopathology*, 91(8), pp. 807–816.
- Lira, R. (2009) *Proyecto Recopilación y análisis de la información existente de las especies de los géneros Cucurbita y Sechium que crecen y/o se cultivan en México*. Mexico. Available at: [https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Cucurbita y Sechium/Informe\\_Final/Informe final Cucurbita y Sechium.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Cucurbita_y_Sechium/Informe_Final/Informe_final_Cucurbita_y_Sechium.pdf).
- Łukanowski, A. (2006) 'Alternative methods of seed treatment against common bunt of wheat', *The Polish Phytopathological Society*, 41(March), pp. 79–82.
- Manteca, A. and Sanchez, J. (2009) 'Streptomyces development in colonies and soils.', *Applied and environmental microbiology*. American Society for Microbiology (ASM), 75(9), pp. 2920–4. doi: 10.1128/AEM.02288-08.
- Mathur, S. . and Kongsdal, O. (2003) *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*.
- Mcgrath, M. T. (2016) 'HEAT TREATING SEEDS FOR DISEASE MANAGEMENT Heat Treatment for Killing Pathogens in Seed Hot water Steam'.
- Mebalds, B. M. *et al.* (1996) 'DEVELOPMENT OF STEAM-AIR T R E A T M E N T S FOR THE CONTROL OF SEED-BORNE DISEASES OF FLOWER SEEDS', (January).
- Meyer, H. *et al.* (2006) 'Bioavailability of apigenin from apiin-rich parsley in humans', *Annals of Nutrition and Metabolism*, 50(3), pp. 167–172. doi: 10.1159/000090736.
- Morandin, L. A. and Winston, M. L. (2005) 'Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola', *Ecological Applications*, 15(3), pp. 871–881. doi: 10.1890/03-5271.
- Morton, F. (2016) *SMALL-SCALE COST-EFFECTIVE HOT WATER SEED TREATMENT*.
- Nameth, S. T. (1998) 'Priorities in seed pathology research', 55, pp. 94–97.
- Nowicki, M. *et al.* (2012) 'Alternaria black spot of crucifers: Symptoms, importance of disease, and perspectives of resistance breeding', *Vegetable Crops Research Bulletin*, 76(1), pp. 5–19. doi: 10.2478/v10032-012-0001-6.
- Pitt, J. I. and Hocking, A. D. (2009) *Fungi and food spoilage*. Springer.
- Rai, A. . *et al.* (2015) *Annual Report*. India.
- Rivera Coto, G. (1999) *Conceptos introductorios a la fitopatología*. Editorial Universidad a Distancia.
- Samobor, V., Horvat, D. and Kesteli, B. (no date) 'Effect of Stone Meal on Control of Seed-Borne Diseases in Wheat U Č Inak Kamenog Brašna U Kontroli Bolesti', pp. 563–572.
- Sharma, K. *et al.* (2015) 'Seed treatments for sustainable agriculture-A review', *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), pp. 521–539.
- Singh, S. (2016) 'RELAY PLANTING OF CELERY ( *Apium graveolens* L .) IN GARDEN PEA ( *Pisum sativum* L .) UNDER VARIOUS PLANTING METHODS AND SEED RATE Department of Agronomy'.



Tassie *et al.* (2014) *Wild Parsnip, Best Management Practices in Ontario*.

Union, E. (2003) 'STOVE A Project about seed treatment for organic vegetable growing'.

Weidauer, A. (2015) *ELECTRON TREATMENT OF SEEDS ENVIRONMENTALLY FRIENDLY, EFFICIENT, SUSTAINABLE*. Germany.

Woudenberg, J. H. C. *et al.* (2013) 'Alternaria redefined', *Studies in Mycology*, 75, pp. 171–212.