



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH



Fundació  
Miquel Agustí

Efecte de la dosi de reg sobre l'evolució de la composició química durant 6 mesos de postcollita en varietats tradicionals de tomàquet europees de llarga vida (Penjar, Da Serbo, Ramallet).

Treball de final de grau

Enginyeria de Sistemes Biològics

Autora: Helena Isern Viana

Tutor: Joan Casals Missió

Setembre 2017

## **AGRAÏMENTS**

En primer lloc donar les gràcies a tot els integrants de la Fundació Miquel Agustí per tota l'ajuda i el suport, però en particular al meu tutor, Joan Casals, per tota la paciència, l'ajuda i els coneixements que m'ha brindat durant el procés de realització del projecte. Agrair també l'ajuda al professor Josep Sabaté per la ajuda en tot el procés d'anàlisis químiques.

Per últim vull agrair als meus pares la paciència i el suport que m'han donat en tot aquest temps, i també als meus amics per estar al meu costat en tot moment.

## RESUM

Les varietats tradicionals de tipus llarga vida (*long shelf life*) són molt emprades a la conca mediterrània (principalment a Itàlia amb el tomàquet Da Serbo, Catalunya amb el tomàquet de Penjar i Balears amb el tomàquet de Ramallet). Aquestes varietats presenten una mutació en el gen NAC.NOR (*alcobaça, non ripening*) que els hi confereix una postcollita superior als 6 mesos. El saber popular indica que la conservació i la qualitat d'aquestes varietats és millorada en condicions d'estrès hídric. L'objectiu d'aquest treball és descriure l'evolució de la qualitat de les diferents varietats tradicionals LSL europees i avaluar l'efecte de l'estrès hídric sobre el comportament postcollita. S'ha realitzat un estudi amb 27 varietats tradicionals i 2 varietats modernes, cultivades en 2 règims hídrics (reg deficitari, reg normal). De cada tractament s'ha estudiat la pèrdua de pes mensual. Als 0, 3 i 6 mesos s'ha estudiat la fermesa dels fruits mitjançant un Durofel Agrosta, el color mitjançant un colorímetre Konica Minolta CR400 i s'ha realitzat anàlisi química per quantificar els paràmetres sòlids solubles totals, pH, acidesa valorable i matèria seca. Les dades han estat analitzades mitjançant els procediments de l'ANOVA, PCA i correlacions de Pearson mitjançant el programa estadístic SPSS. Els resultats mostren que el reg deficitari provoca una millora de la qualitat dels fruits de les varietats estudiades, incrementant en el moment de la collita el nivell de sòlids solubles, matèria seca i acidesa valorable. L'efecte negatiu de l'estrès hídric és una reducció significativa de la fermesa del fruit. La comparació entre varietats tradicionals (orígens) senyala que existeixen diferències significatives per un gran nombre de variables, cada varietat presentant un perfil fisico-químic diferent. L'anàlisi de l'evolució dels paràmetres durant la postcollita revela que la major pèrdua de pes i reducció de la fermesa es produeix durant el primer mes de postcollita. Alhora els fruits tendeixen a perdre coloració vermella (reducció del paràmetre  $a^*$ ) i incrementen significativament el color groc durant la postcollita (paràmetre  $b^*$ ). Respecte a la composició del fruit, s'observa una disminució de l'acidesa valorable i de la matèria seca durant tot el període estudiat. El contingut en sòlids solubles totals tendeix a augmentar (reg normal) o no canviar (reg deficitari) durant els primers 3 mesos de postcollita, per després disminuir en ambdós tractaments. Finalment, l'anàlisi de components principals ha permès identificar genotips amb valors molt elevats de sòlids solubles i matèria seca, així com els paràmetres amb major capacitat per discriminar entre temps de postcollita.

**Paraules clau:** *Solanum lycopersicum*, postcollita, varietat tradicional, mutants de maduració, tomàquet de Penjar.

## RESUMEN

Las variedades tradicionales de tipo larga vida (*long shelf life*) son muy utilizadas en la cuenca mediterránea (principalmente en Italia con el tomate Da Serbo, Cataluña con el de tomate de Colgar i Baleares con el tomate de Ramallet). Estas variedades presentan una mutación en el gen NAC.NOR (*alcobaça, non ripening*) que les confiere una poscosecha superior a los 6 meses. El saber popular indica que la conservación y la calidad de estas variedades es mejorada en condiciones de estrés hídrico. El objetivo de este trabajo es describir la evolución de la calidad de las diferentes variedades tradicionales LSL europeas y evaluar el efecto del estrés hídrico sobre el comportamiento poscosecha. Se ha realizado un estudio con 27 variedades tradicionales y 2 variedades modernas, cultivadas en 2 regímenes hídricos (riego deficitario, riego normal). De cada tratamiento se ha estudiado la pérdida de peso mensual. A los 0, 3 i 6 meses se ha estudiado la firmeza de los frutos mediante un Durofel Agrost, el color mediante un colorímetro Konica Minolta CR400 y se ha realizado análisis químico para cuantificar los parámetros sólidos solubles totales, pH, acidez valorable y materia seca. Los datos han estado analizados mediante los procedimientos de la ANOVA, PCA y correlaciones de Pearson mediante el programa estadístico SPSS. Los resultados muestran que el riego deficitario provoca una mejora de la calidad de los frutos de las variedades estudiadas, incrementando en el momento de la cosecha el nivel de sólidos solubles, materia seca i acidez valorable. El efecto negativo del estrés hídrico es una reducción significativa de la firmeza del fruto. La comparación entre variedades tradicionales (orígenes) señala que existen diferencias significativas para un gran número de variables, cada variedad presentando un perfil físico-químico diferente. El análisis de la evolución de los parámetros durante la poscosecha revela que la mayor pérdida de peso i reducción de la firmeza se produce durante el primer mes de poscosecha. Al mismo tiempo los frutos tienden a perder coloración roja (reducción del parámetro  $a^*$ ) e incrementan significativamente el color amarillo durante la poscosecha (parámetro  $b^*$ ). Respecto a la composición del fruto, se observa una disminución de la acidez valorable y de la materia seca durante el periodo estudiado. El contenido en sólidos solubles totales tiende a aumentar (riego normal) o no cambiar (riego deficitario) durante los primeros 3 meses de poscosecha, para después disminuir en ambos tratamientos. Finalmente, el análisis de componentes principales ha permitido identificar genotipos con valores muy elevados de sólidos solubles i materia seca, así como los parámetros con mayor capacidad para discriminar entre tiempos de poscosecha.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*, poscosecha, variedad tradicional, mutantes de maduración, tomate de Colgar.

## ABSTRACT

Long shelf life tomato landraces are widely used in the Mediterranean area, especially in Italy with “Da Serbo” tomato, Catalonia with “Penjar” tomato and in the Balearic Islands with “Ramallet” tomato. These varieties have a mutation in the NAC.NOR gene (*alcobaça, non-ripening*) which gives them a postharvest of over 6 months. Popular beliefs indicate that the conservation and quality of these varieties is bettered under water stress. The objective of this project is to describe the evolution of the quality of the different traditional LSL European landraces and evaluate the effect of water stress on postharvest behavior.

The study was conducted with 27 traditional varieties and 2 modern varieties, cultivated under 2 different hydric regimes (deficient and normal irrigation). Of each treatment, the loss of weight was monthly measured. At 0, 3 and 6 months, the firmness of the fruit was measured with a Durofel Agrost, the color was measured with a colorimeter Konica Minolta CR-400 and a chemical analysis was done to quantify the total soluble solid, pH, titratable acidity and dry weight. The data was analyzed with ANOVA, PCA and Pearson correlations using the software SPSS.

The results showed that deficient irrigation increases the quality of the fruits of the varieties studied, having at the time of harvest, higher values of total soluble solid, dry weight and titratable acidity. The negative effect of water stress was seen in a significant reduction of the fruits firmness. The comparison between traditional varieties (origins) showed that there were significant differences for many variables, meaning that each variety has a different physicochemical profile. The analysis of the evolution of each parameter during postharvest revealed that the biggest loss of weight and reduction of firmness was during the first month of the postharvest. At the same time, the fruits tended to lose their red coloration (reduction of parameter a\*) and increased significantly their yellow coloration (incrementation of parameter b\*) during postharvest. Regarding the composition of the fruit, a decrease in the acidity value and the dry matter during the whole period studied was observed. The total soluble solids content tended to increase (normal irrigation) or not change (deficit irrigation) during the first 3 months postharvest, and then decreased in both treatments. Finally, the principal component analysis allowed to identify genotypes with very high values of soluble solids and dry matter, as well as the parameters with greater capacity to discriminate between postharvest time.

**Key words:** *Solanum lycopersicum*, postharvest, traditional variety, maturation mutants, Penjar tomato.

# Índex

Índex de figures .....	6
Índex de taules .....	8
1. INTRODUCCIÓ .....	9
1.1. El tomàquet una espècie model .....	9
1.2. Composició química del tomàquet .....	10
1.3. Varietats tradicionals de tomàquet .....	11
1.4. Evolució de la qualitat del tomàquet durant la postcollita .....	12
1.5. Factors precollita amb impacte sobre el comportament postcollita .....	14
1.6. El projecte TRADITOM .....	15
2. OBJECTIUS .....	16
3. MATERIALS I MÈTODES .....	17
3.1. Material Vegetal .....	17
3.2. Disseny experimental .....	18
3.3. Caràcters avaluats .....	19
a. Pèrdua de pes .....	19
b. Fermesa .....	19
c. Color .....	19
d. Composició química .....	20
3.4. Anàlisi estadística .....	22
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ .....	23
4.1. Distribució normal .....	23
4.2. Fermesa i pèrdua de pes .....	23
4.3. Color .....	26
4.4. Composició química .....	30
4.5. Anàlisi de components principals .....	35
4.6. Estudi de correlacions .....	37
5. CONCLUSIONS .....	38
6. BIBLIOGRAFIA .....	39

## Índex de figures

<b>Figura 1</b>	Representació de la composició del tomàquet (% sobre matèria seca).....	10
<b>Figura 2</b>	Fruits de la espècie silvestre del tomàquet.....	11
<b>Figura 3</b>	Dosis de reg (valors acumulats) en els dos tractaments de l'estudi: reg normal/ reg deficitari.....	18
<b>Figura 4 i 5</b>	Nau on es van emmagatzemar els fruits durant la postcollita.....	18
<b>Figura 6</b>	Durofel-AGROSTA®100 (Agro-Technologie).....	19
<b>Figura 7</b>	Refractòmetre.....	20
<b>Figura 8</b>	pH-metre Crison utilitzat en el procediment.....	21
<b>Figura 9</b>	Histogrames de tres variables: a* (component del color), °Brix i matèria seca (MS), d'esquerra a dreta.....	23
<b>Figura 10</b>	Evolució de la fermesa del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....	25
<b>Figura 11</b>	Mostra de 4 varietats dels diferents orígens: Da Serbo (a dalt a l'esquerra), Manacor, varietat moderna (a dalt a la dreta), Penjar (a baix a l'esquerra) i Ramallet (a baix a la dreta).....	27
<b>Figura 12</b>	Evolució de a* (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, component vermell-verd) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....	28
<b>Figura 13</b>	Evolució del paràmetre b* (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, component groc-blau) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....	29
<b>Figura 14</b>	Evolució de L* (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, lluminositat) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....	30
<b>Figura 15</b>	Evolució dels °Brix durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....	32

<b>Figura 16</b>	<p>Evolució de la matèria seca del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials i la dosi de reg. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....</p>	33
<b>Figura 17</b>	<p>Evolució del pH del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....</p>	34
<b>Figura 18</b>	<p>Evolució de la acidesa valorable (TA) del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).....</p>	34
<b>Figura 19</b>	<p>Representació gràfica dels genotips en funció dels temps de postcollita en les dimensions PCA1-PCA2 (esquerra) i PCA1-PCA3.....</p>	36
<b>Figura 20</b>	<p>Fruits del genotip TR_VI_0460.....</p>	36



## Índex de taules

<b>Taula 1</b>	Valors orientatius de la composició del fruit del tomàquet madur.....	11
<b>Taula 2</b>	Presentació dels genotips segons el seu origen i el tipus varietal.....	17
<b>Taula 3</b>	Evolució de la fermesa del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials. Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita i genotips.....	24
<b>Taula 4</b>	Evolució de la pèrdua de pes del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials (els valors representen el percentatge de pèrdua de pes durant el període d'un mes, és a dir la pèrdua de pes 1 indica la pèrdua de pes entre el moment de la collita i el primer mes). Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita.....	26
<b>Taula 5</b>	Components del color en el moment de la collita segons l'origen dels materials. En cada component L*, a* i b*: Dins de columna i origen, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre orígens; dins de columna i reg, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW). A la part de baix de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre orígens i entre regs.....	27
<b>Taula 6</b>	Composició química (Brix, pH, Matèria seca i Acidesa Valorable) en el moment de la collita. A cada variable: Dins de columna i origen, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre orígens; dins de columna i reg, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW). A la part de baix de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre orígens i entre regs.....	31
<b>Taula 7</b>	Evolució dels °Brix (sòlids solubles totals) del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials. Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita.....	32
<b>Taula 8</b>	Variància total explicada.....	35
<b>Taula 9</b>	Matriu de components.....	35
<b>Taula 10</b>	Sòlids solubles totals (°Brix) i matèria seca del genotip TR_BA_0260 en el moment de la collita i en el tercer i sisè mes de postcollita, en funció de la dosi de reg.....	36

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. El tomàquet una espècie model

El tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.) és una de les espècies més cultivades al món, amb una producció de 170 milions de tones a l'any (FAOSTAT, 2014). És la hortalissa de major valor econòmic, ja que la seva demanda augmenta contínuament i amb ella el seu cultiu, producció i comerç.

L'increment anual de la producció als últims anys és deguda, principalment, a l'augment del rendiment i, en menor proporció, a l'augment de la superfície cultivada. La Xina és el major productor del món, amb una producció de 52,7 milions de tones produïdes al 2014, seguit per la Índia amb una producció de 18,7 milions de tones. La producció espanyola ha tingut un creixement durant els últims anys, degut a l'augment de la producció de tomàquet destinat a la indústria. Al 2014 la producció espanyola va ser de 4,8 milions de tones, ocupant l'octau lloc a nivell mundial (FAOSTAT, 2014).

Existeix un interès creixent per introduir a la dieta aliments que tinguin un efecte positiu per la salut, i que siguin una font de vitamines, minerals i antioxidants. El tomàquet és un component important de la dieta tradicional Mediterrània. El seu consum disminueix la incidència de malalties cròniques degeneratives així com també certs tipus de càncer i malalties cardiovasculars (Frusciante et al., 2007). Els efectes beneficiosos del consum del tomàquet estan generalment atribuïts als carotenoides, que són capaços de reduir els risc de certs tipus de càncer i la formació de cataractes, entre d'altres.

El tomàquet té dos carotenoides principals: el licopè, el qual dona el color vermell al fruit i el  $\beta$ -carotè. Els tomàquets representen la principal font de licopè a la dieta, encara i així, aquest fruit és un reservori d'altres molècules potencialment saludables, com l'àcid ascòrbic, la vitamina E i la vitamina C (Frusciante et al., 2007).

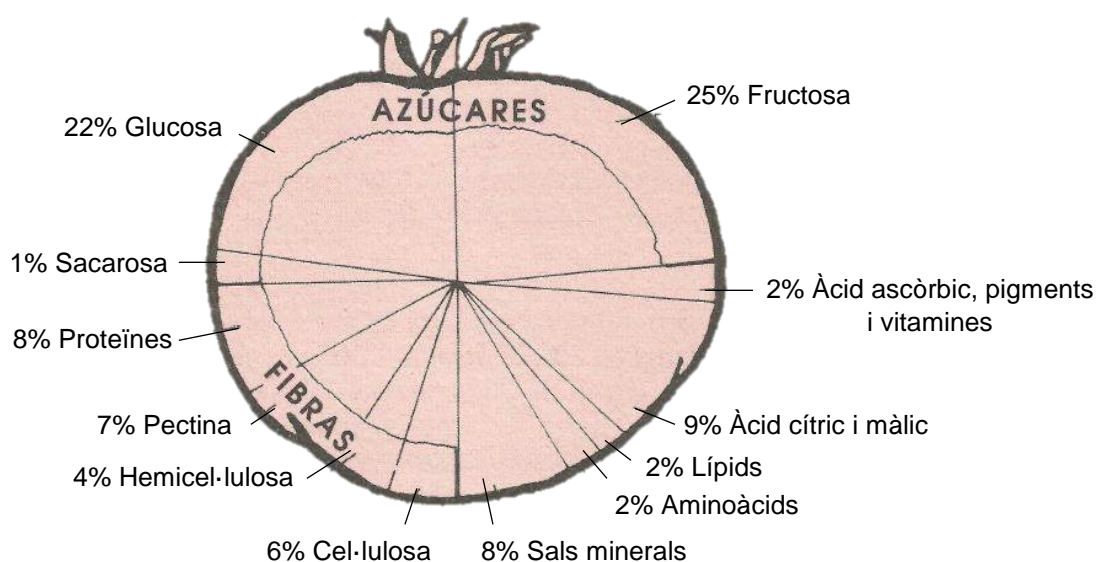
Totes aquestes propietats alimentàries i la importància del tomàquet a l'agricultura han fet d'aquesta una espècie model a nivell científic.

Una característica important és el fet que els seus fruits es classifiquen com climatèrics. Segons el seu comportament respiratori durant la maduració, els fruits es separen en climatèrics i no climatèrics. Els fruits no climatèrics, com per exemple els cítrics, el *Prunus avium* L. o la *Fragaria vesca* L., no manifesten canvis importants a la respiració durant el procés de maduració, mentre que els denominats climatèrics (entre els quals es troben *Malus domestica*, *Musa sp.* i el tomàquet) experimenten un increment característic d'aquesta a l'inici del procés de maduració del fruit. Posteriorment als fruits climatèrics, la respiració disminueix de forma continuada. A l'iniciar-se la maduració, la respiració augmenta fins a arribar un màxim anomenat pic climatèric per tornar a disminuir posteriorment. Simultàniament a l'augment de la respiració es produeix un augment de la producció d'etilè que té una profunda influència sobre els processos associats a la maduració. L'etilè exerceix un paper important a la iniciació i continuació de la maduració dels

fruits climatèrics, induint un augment a la respiració climatèrica i el desenvolupament de molts, encara que no tots, els canvis següents que desembocaran a la maduració completa (Nuez, 1995).

## 1.2. Composició química del tomàquet

Avui dia es consumeixen molts tomàquets ja que el sabor és agradable i es poden utilitzar de moltes maneres: frescos, en amanida, cuits, en salsa, en suc. El seu consum és aconsellable, ja que té un elevat valor nutritiu perquè són rics en carotens, vitamines i sals minerals. La sal mineral més abundant present és el potassi. A més contenen nombrosos oligoelements (ferro, manganès, coure, iode, etc.) que fan que el tomàquet sigui un producte interessant des del punt de vista nutricional. El poder calòric és bastant baix degut al seu escàs contingut en matèria seca i greixos (Gorini, 1999).



**Figura 1.** Representació de la composició del tomàquet (% sobre matèria seca). (Gorini, 1999).

Durant el creixement del fruit, el contingut en matèria seca disminueix d'un 17% fins a un 5-7% degut a la ràpida incorporació d'aigua. Els sucres, principalment glucosa i fructosa, representen al voltant de la meitat de la matèria seca o el 65% dels sòlids solubles totals del fruit madur (Figura 1). El contingut d'àcids orgànics augmenta durant el desenvolupament del fruit. El màlic i el cítric són els principals àcids continguts en el tomàquet, que representen el 13% de la matèria seca. La resta a més de mantenir el pH, aporten característiques relatives al sabor i a l'olor. El pH oscil·la entre 4 i 4,8. El nitrogen, fòsfor i potassi suposen més del 90% del contingut en minerals. Durant el desenvolupament del fruit el nitrogen i el fòsfor disminueixen, mentre que el potassi es manté constant (Nuez, 1995). A la taula següent (Taula 1) es mostren uns valors orientatius sobre la composició del fruit del tomàquet.

**Taula 1.** Valors orientatius de la composició del fruit del tomàquet madur. (Valors adaptats a partir de les següents fonts: (Nuez, 1995; Liedl et al., 2013)).

Components	Pes fresc (%)
Matèria seca	6,5
Carbohidrats	4,7
Greixos	0,15
Proteïnes	1
Fibra	0,5
Sucres	3
Sòlids solubles totals (°Brix)	4,5
Àcid cítric	0,2
Àcid màlic	0,1
Potassi	0,25
Vitamina C	0,02

### 1.3. Varietats tradicionals de tomàquet

La tomaquera és una planta originària d'Amèrica del Sud (Rodríguez et al., 1997). Inicialment es creia que la seva domesticació es va produir a Mèxic, però posteriorment es va descobrir que una primera fase d'aquesta domesticació va succeir a Sud-Amèrica i la segona a Mesoamèrica (Blanca et al., 2015). En aquestes regions creixen espontàniament les diverses espècies del gènere. Els fruits de les espècies silvestres són com petites baies, i predominen les de color groc i verd (Nuez, 1995).

A mitjans del segle XVI, el tomàquet va ser introduït a Europa. La planta va ser acceptada durant molt de temps com ornamental, donat que se la creia verinosa per la seva relació amb les plantes de la família de les solanàcies (com la *Atropa belladonna*) (Rodríguez et al., 1997). Aquesta creença ha perdurat en algunes regions fins entrat el segle XX. Més tard, amb la introducció de varietats de fruits vermells, es va començar a cultivar per al seu consum. En canvi, a Itàlia i Espanya es va utilitzar per l'alimentació humana pràcticament des de la seva introducció (Nuez, 1995).



**Figura 2.** Fruits de la espècie silvestre del tomàquet (*Solanum pimpinellifolium* L.). Fotografia: Xenia Vilella

La base genètica de les varietats tradicionals de tomàquet és el resultat d'un llarg procés de selecció. Aquestes varietats han estat seleccionades al llarg del temps pels agricultors locals, adaptant-los a les condicions agroclimàtiques i gastronòmiques de cada zona. Aquests cultius tradicionals presenten, en general, una excel·lent qualitat organolèptica, encara que l'aspecte del fruit, la seva uniformitat i la resistència de la planta a patògens siguin deficientes en molts casos (Nuez, 1995).

En comparació amb d'altres espècies cultivades, el tomàquet és un dels cultius en el qual s'han preservat més varietats tradicionals. A Catalunya trobem nombroses varietats tradicionals de tomàquet, com per exemple, Montserrat, Pera de Girona, de Penjar, Palosanto, Cor de Bou i moltes altres. En general els noms fan referència als trets morfològics diferencials amb els quals els agricultors identifiquen cada varietat (Casals, 2012).

Les varietats de tomàquet anomenades de llarga vida (*Long Shelf Life* (LSL)) presenten una maduració anormal i una molt llarga postcollita (superior a 6 mesos), i estan vinculades a la dieta Mediterrània. La llarga vida en els materials tradicionals generalment és deguda a la presència de mutacions en el gen NAC.NOR (*alcobaça, non-ripening*), la qual està a la base d'algunes varietats tradicionals catalanes (Penjar), baleàriques (Ramallet) i Italianes (Da Serbo). En canvi, la llarga vida de les varietats modernes és deguda a la introgressió d'una mutació en el gen *ripening* inhibidor (*rin*), la qual és present en gran part de les varietats modernes cultivades. Les varietats tradicionals tipus LSL presenten l'avantatge de la seva llarga vida en estanteria i la seva capacitat per suportar el transport a llargues distàncies, però solen tenir defectes de qualitat, en quant a coloració i sabor (Nuez, 1995).

Una de les varietats que presenta aquestes característiques és el tomàquet de Penjar, especialment utilitzada a l'elaboració del pa amb tomàquet. El tomàquet de Penjar es caracteritza per la seva elevada capacitat de conservació i la mida reduïda del fruit. Aquesta varietat pot presentar una conservació superior als 6 mesos. Aquesta varietat és cultivada a tota Catalunya i a la Comunitat Valenciana (Casals, 2012).

#### 1.4. Evolució de la qualitat del tomàquet durant la postcollita

El factor comú que caracteritza els fruits és el fet d'estar constituïts per teixits vius que mantenen l'activitat fisiològica després de la recol·lecció i, per tant, estan exposats a continus canvis que no sempre són beneficiosos des d'un punt de vista alimentari i que no es poden evitar per complet, únicament seria possible reduir la seva evolució dintre de certs límits (Nuez, 1995).

La conservació postcollita dels tomàquets és una tasca complexa ja que intervenen molts factors com la temperatura, la pròpia respiració del fruit, danys físics o mecànics, entre d'altres (Alarcon, 2013). Els fruits són molt sensibles i acaben per presentar ràpidament un estovament de la polpa que dificulta la manipulació. El tomàquet és un fruit que es conserva poc temps, inclús si es recull verd. Hi ha dos factors que afecten negativament a la conservació dels fruits collits poc madurs.

El primer factor és la temperatura, ja que els fruits són sensibles a baixes i altes temperatures. El segon és l'etilè, ja que la presència d'etilè a l'aire estimula la maduració i causa una ràpida senescència. No és possible sotmetre els fruits verds a temperatures inferiors dels 11 o 12 °C ja que ràpidament presentarien un estovament i s'acabarien podrint per danys per fred. La sensibilitat a la temperatura està estretament lligada al grau de maduració.

De totes maneres, és difícil conservar-los més de tres setmanes, ja que les baixes temperatures no aturen completament el metabolisme del fruit que continua més o menys ràpidament degradant-se i perdent fermesa. És indispensable que el grau d'humitat dels tomàquets sigui sempre elevat: al voltant del 90% per evitar que es pansixin (Gorini, 1999).

Durant les primeres etapes de la postcollita en tomàquets estàndard, els sucres poden acumular-se degut al metabolisme dels carbohidrats, lípids i proteïnes emmagatzemats. Eventualment, aquests sucres s'utilitzen per mantenir el creixement i es produeix la senescència. La quantitat i els tipus de sucres emmagatzemats al tomàquet són un component important en quant a la qualitat d'aquest, ja que afecten al sabor i a la qualitat general del fruit (Beckles, 2012). Posteriorment, durant la postcollita, la concentració de sucres cau degut al metabolisme respiratori.

Per un altra banda, la concentració d'àcids orgànics (principalment màlic i cítric), disminueix al llarg de la postcollita. Al disminuir aquests àcids, disminueix el que anomenen acidesa valorable, que és la quantitat total d'àcids presents al fruit expressada sobre l'àcid predominant (generalment àcid cítric). L'acidesa disminueix amb l'evolució de la maduració del fruit ja que els àcids es consumeixen com a substrat al procés de respiració.

A la varietat de Penjar, la llarga vida útil (LSL) és deguda principalment a la mutació alcobaça conjuntament amb la mida reduïda del fruit. Durant la postcollita, es produeixen importants canvis a la composició química del tomàquet (Casals et al., 2012). Els principals són una disminució de la concentració d'àcids i de compostos volàtils, la pèrdua de pes i l'estovament del fruit. La intensitat amb què es modifiquen aquests atributs depèn de les condicions de conservació i del genotip (Casals et al., 2015).

L'emmagatzematge a llarg termini del tomàquet de Penjar produeix una gran disminució dels sucres, una lleugera disminució de l'àcid cítric i un augment dels àcids màlic i glutàmic. Durant la postcollita, la disminució de la fructosa i la glucosa està relacionada amb la respiració i la disminució de l'àcid cítric pot explicar-se principalment per la seva participació en els primers passos del cicle de Krebs. Contràriament a l'acidesa, el pH, generalment incrementa amb els temps d'emmagatzematge (Casals et al., 2015; Navarro-López et al., 2012).

La pèrdua de pes del tomàquet durant la postcollita és deguda, principalment, a la transpiració i la respiració. La transpiració és el factor que més contribueix a la reducció de pes, i és el mecanisme pel qual es perd aigua degut a les diferències a la pressió de vapor d'aigua entre l'atmosfera i la superfície del tomàquet. Durant la postcollita, al no tenir una font de subministrament de matèria, el fruit perd turgència i fermesa. La respiració provoca una reducció

de pes, ja que es perd un àtom de carboni del fruit cada cop que es produeix una molècula de diòxid de carboni (Bhowmik i Pan, 1992). Generalment, la pèrdua de pes augmenta progressivament durant el temps d'emmagatzematge. Aquesta també està associada amb l'encongiment o arrugament de la pell, provocant que els fruits siguin poc atractius. Aquest deteriorament de l'aparença comença després de la tercera setmana d'emmagatzematge (Navarro-López et al., 2012).

### 1.5. Factors precollita amb impacte sobre el comportament postcollita

Durant el cultiu també hi ha factors que poden influir en el comportament de la postcollita o, inclús, a la qualitat dels fruits. Algun exemple podria ser el fertilitzant aplicat al sòl, la varietat de tomàquet, la poda, l'estat de maduració o la irrigació, entre d'altres (Arah et al., 2015).

La poda beneficia la producció i la qualitat dels fruits. També influeix a la mida i la maduració dels fruits. La poda redueix l'àrea foliar de les plantes i afavoreix l'augment de la densitat de plantació. D'aquesta forma s'obté un rendiment alt i fruits més grans (Cerdas i Montero, 2002).

La fertilització afecta directament sobre el rendiment, i està estretament relacionada amb la qualitat dels fruits. Els principals nutrients necessaris són nitrogen, fòsfor, potassi, magnesi, calci i sofre. El nitrogen és indispensable pel creixement, però una alta concentració d'aquest element pot contribuir a incrementar la incidència de les deformacions dels fruits i la incidència de plagues. El contingut de calci en el sòl té un efecte directe sobre el creixement i la productivitat de la planta del tomàquet (Cerdas i Montero, 2002)

La irrigació és un factor important en la tomaquera, essent un dels cultius que més aigua necessita. Al principi del cultiu la biomassa és molt petita, i per tant el consum d'aigua serà baix. Aquest incrementa paulatinament conforme la planta va creixent fins que s'inicia el quallat del fruit. A partir d'aquest moment les necessitats hídriques es disparen ja que la planta segueix produint fulles i brots nous a la vegada que van creixent els fruits. Finalment a l'etapa de maduració del fruit el consum d'aigua disminueix (Nuez, 1995).

Sota condicions d'estrès hídric, la fotosíntesis de les plantes pot disminuir significativament. Encara i així s'ha demostrat que el tomàquet pot créixer amb irrigació deficitària sense una reducció significativa del rendiment. A més, també es poden millorar les característiques que determinen la qualitat del fruit, com per exemple, el contingut de sucres i els antioxidants. Aquesta explicació, encara que sembli contradictòria, suggereix que l'ús del regim apropiat d'irrigació amb dèficit pot estalviar quantitats considerables d'aigua, mantenint al mateix temps la producció i la qualitat del tomàquet. Cal destacar que la quantitat apropiada d'aigua, en el cas d'irrigació deficitària, pot ser molt diferent depenent de les diverses característiques dels sòls, les condicions de cultiu i la varietat cultivada (Agbna et al., 2017).

En general, la planta, reacciona al dèficit de reg d'una manera ràpida tancant els estomes i evitant la transpiració. Però amb els estomes tancats no hi ha intercanvi de gasos amb l'atmosfera i la

planta no podria viure, per això reacciona a llarg termini acumulant soluts i reduint la mida cel·lular. La mida del fruit disminueix quan s'aplica al cultiu un estres hídric. Quan el fruit creix i madura sota condicions de dèficit hídric es redueix l'acumulació d'aigua, donant lloc a fruits de menor pes però amb major contingut de sòlids solubles. Al tenir menys aigua, la concentració del solut que es subministra al fruit augmenta, incrementant per tant la concentració de matèria seca (Nuez, 1995; Beckles, 2012).

En canvi, un excés d'aigua, tindria un efecte negatiu ja que pot causar no solament efectes fisiològics negatius (e.g. clivellat), sinó també afavorir l'aparició de malalties causades per fongs. A més si el reg augmenta la producció, també ho fa el contingut d'aigua del fruit, i com a conseqüència tenen una consistència menor i la seva manipulació és més difícil (Gorini, 1999).

S'ha descrit el tomàquet de Penjar i les varietats tipus Long Shelf Life (LSL) tradicionals com a materials amb un comportament anormal respecte a la resta de tomàquet cultivat, presentant una elevada adaptació a la sequera (Galmés et al., 2013). Alhora els agricultors manifesten que la conservació del tomàquet de Penjar estaria directament relacionada amb la quantitat d'aigua aplicada al cultiu, presentant una major conservació els fruits cultivats sota dèficit hídric. En aquest context ens proposem estudiar l'efecte de la dosi de reg sobre el comportament postcollita del tomàquet de Penjar i altres varietats tradicionals europees tipus LSL.

## 1.6. El projecte TRADITOM

El projecte TRADITOM va dirigit a identificar i valoritzar les varietats tradicionals de tomàquet europees juntament amb les seves pràctiques de cultiu (Traditom, 2015). Aquest projecte compta amb la col·laboració de diferents entitats, associacions i universitats de la Unió Europea i d'Israel. Els principals objectius són:

- Generar i recopilar informació sobre les varietats tradicionals, el seus mètodes de cultiu i les característiques ambientals.
- Avaluar la variabilitat genotípica i fenotípica present a les varietats tradicionals.
- Proporcionar als agricultors varietats millorades, obtingudes a partir de les varietats tradicionals.
- Valoritzar les varietats tradicionals de tomàquet i els mètodes de cultiu tradicionals.

En el marc d'aquest projecte es va realitzar l'any 2016 un assaig de camp per determinar l'efecte de l'estress hídric sobre la col·lecció nuclear (*core collection*) de varietats LSL tradicionals europees. Els resultats de l'assaig han servit de base per elaborar 2 Treballs Finals de Grau. En un primer treball es van analitzar paràmetres relacionats amb l'arquitectura de la planta (Santos, 2017). En aquest segon treball es descriu l'evolució de la composició química i altres paràmetres físico-químics del tomàquet durant la postcollita. L'estudiant que presenta el treball ha realitzat íntegrament la gestió dels materials durant la postcollita, els mostrejos i totes les anàlisis físico-químiques que són la base dels resultats d'aquesta memòria. Alhora ha participat en la preparació de les mostres per la construcció de models de predicció mitjançant la tecnologia Near Infrared Spectroscopy (NIR), així com per la realització de proves de metabòmica.



## 2. OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar l'efecte de la dosi de reg sobre l'evolució postcollita de diferents varietats llarga vida tradicionals europees (Da Serbo (Itàlia), Penjar (Catalunya i València) i Ramallet (Balears)), i comparar-ho amb el comportament de materials millorats. Per tal d'assolir aquest objectiu general s'han plantejat els següents objectius específics:

- Fenotipar una col·lecció de materials tradicionals i moderns per paràmetres relacionats amb la qualitat (fermesa, composició química, color) durant una postcollita de 6 mesos.
- Avaluar l'efecte de la dosi de reg sobre la conservació i el comportament postcollita dels materials tradicionals LSL.
- Comparar el comportament postcollita de materials tradicionals LSL provinents de diferents orígens geogràfics (Itàlia, Catalunya, Balears).

### 3. MATERIALS I MÈTODES

#### 3.1. Material Vegetal

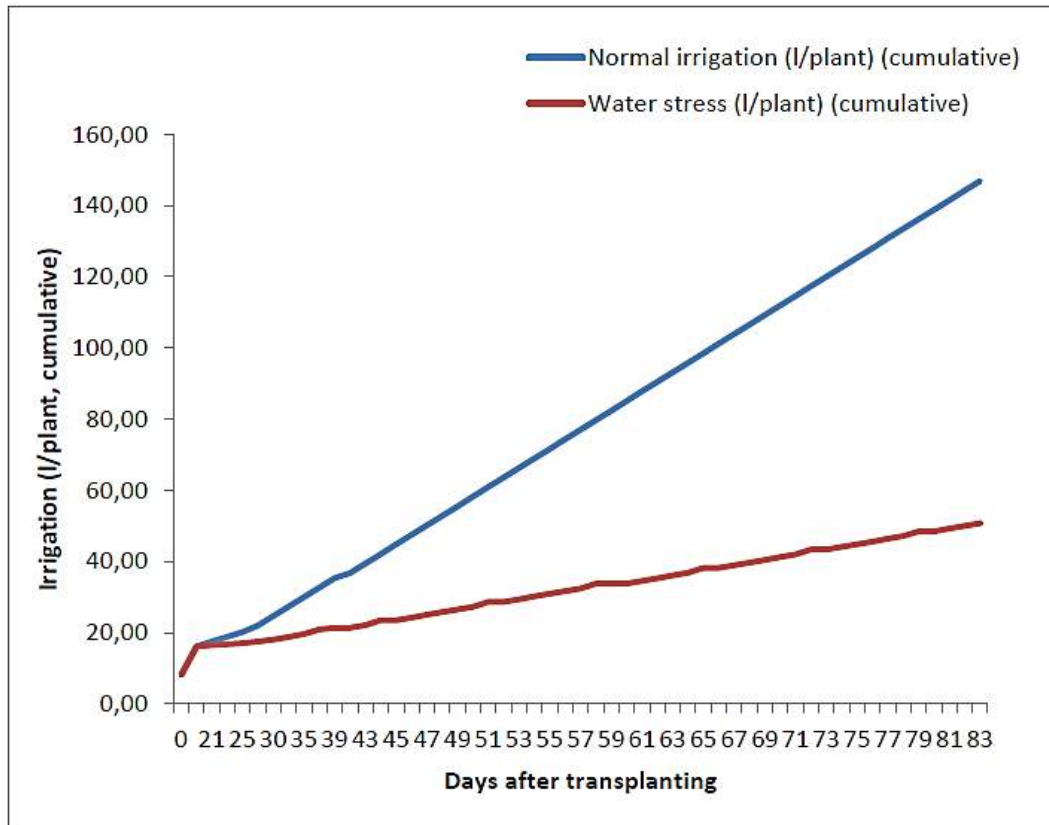
A partir de la core collection de varietats LSL creada en el marc del projecte europeu TRADITOM, prèviament fenotipada per caràcters relacionats amb l'arquitectura de la planta (Santos, 2017), es van seleccionar 29 genotips, entre els quals 2 varietats modernes (Manacor i Palamós) i 27 varietats tradicionals. Les varietats tradicionals estan classificades en tres grups que corresponen a diferents orígens: Catalunya i València (TR\_CA/TR\_VA), Itàlia (TR\_VI/TR\_PO) i Balears (TR\_BA). A la Taula 2 s'especifica l'origen i tipus varietal de cada genotip.

**Taula 2.** Presentació dels genotips segons el seu origen i el tipus varietal.

Genotip	Nom local	Província	País	Tipus varietal
TR_BA_0160	Ramallet	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_0260	Ramallet	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_0360	Ramallet branca llarga	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_0420	Ramallet branca llarga	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_0720	Ramallet	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_1100	Ramallet	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_1140	Ramallet	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_1830	Ramallet brot vermell	Mallorca	Espanya	Ramallet
TR_BA_1860	Ramallet de ferro		Espanya	Ramallet
TR_CA_0390	Tomate de penjar	Girona	Espanya	Penjar
TR_CA_0860	Penjar		Espanya	Penjar
TR_CA_1000	Penjar	Barcelona	Espanya	Penjar
TR_CA_1280	Tomacó de fulla grossa	Tarragona	Espanya	Penjar
TR_CA_1460	Tomàquet de Penjar		Espanya	Penjar
TR_PO_0010	Principe Borguese		Itàlia	
TR_PO_0030	Piennolo Rosso		Itàlia	
TR_PO_0040	Acampora		Itàlia	
TR_PO_0670	Crovarese		Itàlia	
TR_VA_0030	De Penjar	Castelló	Espanya	De Penjar
TR_VA_1730	Tomate de pera	Alacant	Espanya	Conserva/Pera
TR_VA_1780	Tomate de colgar	Alacant	Espanya	
TR_VA_2790	De Penjar	Castelló	Espanya	De Penjar
TR_VI_0040	Da Serbo		Itàlia	
TR_VI_0130	Da Appendere		Itàlia	
TR_VI_0460	Invernale		Itàlia	
TR_VI_1060	Da Appendere		Itàlia	
TR_VI_1870	Da Serbo		Itàlia	

### 3.2. Disseny experimental

L'assaig de camp es va realitzar a Agròpolis, un camp experimental que es troba a Viladecans (Barcelona). El cultiu es va dur a terme entre abril i setembre del 2016, i va ser plantat en 2 blocs, el primer dels quals tenia reg normal i el segon reg deficitari (Santos, 2017). El reg deficitari va consistir en aplicar un 35% del volum total d'aigua aplicat al reg normal (Figura 3).



**Figura 3.** Dosis de reg (valors acumulats) en els dos tractaments de l'estudi: reg normal/ reg deficitari. Font: Dani Fenero, Fundació Miquel Agustí.



**Figura 4 i 5.** Nau on es van emmagatzemar els fruits durant la postcollita.

El mostreig es va realitzar a l'estadi de maduresa completa. Es van collir 50 fruits de cada genotip per a la realització dels estudis de postcollita. Els fruits van ser emmagatzemats a una nau agrícola d'Alcalà de Xivert (Castelló), en condicions ambientals (Figura 4 i 5). Aquesta nau és un centre d'emmagatzematge i distribució del tomàquet de Penjar tradicional de la zona.

### 3.3. Caràcters avaluats

#### a. Pèrdua de pes

Per calcular la pèrdua de pes de cada genotip i tractament, es van seleccionar 20 fruits, es van numerar i es van pesar individualment cada mes durant 6 mesos. Els fruits van ser pesats emprant una balança amb una precisió de 0,01g. La pèrdua de pes ha estat calculada com el percentatge de pes perdut mensualment respecte al pes del mes anterior.

#### b. Fermesa

Per estudiar la fermesa dels fruits es va utilitzar Durofel-AGROSTA®100 (Agro-Technologie) (Figura 6). Per cada genotip i temps de postcollita es van realitzar dos mesures de cada fruit en un mínim de 3 fruits. Les mesures es van realitzar a la zona equatorial del fruit i en costats oposats.



**Figura 6.** Durofel-AGROSTA®100 (Agro-Technologie).

#### c. Color

Per fer un estudi de l'evolució del color es va utilitzar un colorímetre Konica Minolta CR-400. El colorímetre mesura el color en 3 components: L\*, (lluminositat del fruit, amb un rang de 0 a 100), a\*(posició entre el vermell i el verd, on els valors negatius indiquen verd i els positius vermell), i b\* (posició entre el groc i el blau, on valors negatius indiquen blau i positius groc). Les mesures

es van realitzar mensualment sobre 6 fruits de cada genotip i tractament. A cada fruit es van fer 2 mesures a la regió equatorial.

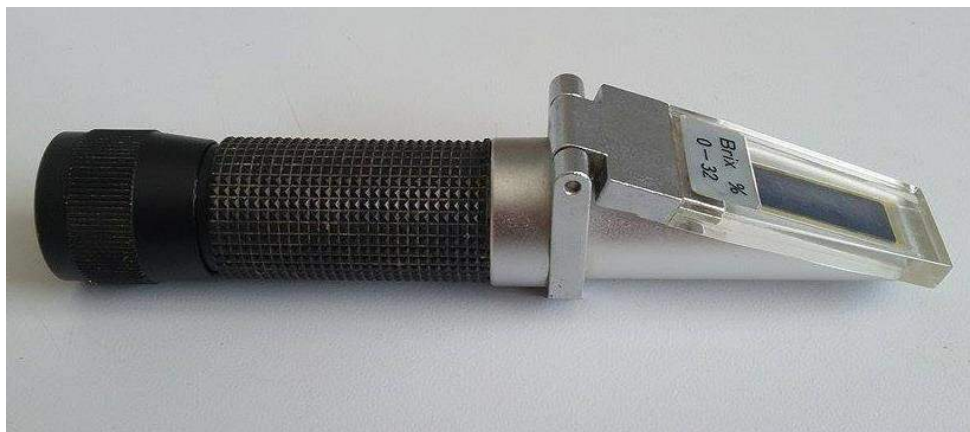
#### d. Composició química

L'estudi de la composició química es va realitzar al moment de la collita (0 mesos) i als 3 i 6 mesos. Per cada tractament (genotip\*dosi de reg) es van mostrejar 2 mostres, cadascuna formada per un mínim de 6 fruits. Els fruits mostrejats eren rentats, assecats amb paper absorbent, tallats extraient la part lignificada del peduncle i triturats emprant un minipimer. Posteriorment les mostres triturades van ser congelades a -20 °C fins al moment de l'anàlisi.

S'han mesurats els següents paràmetres:

- Sòlids solubles totals (°Brix)

Els sòlids solubles totals (°Brix) es van mesurar mitjançant un refractòmetre Erma (Figura 7), a condicions de temperatura i humitat ambientals. De cada tractament (genotip\*dosi de reg) i temps de postcollita es van avaluar 6 fruits.



**Figura 7.** Refractòmetre.

- pH, acidesa valorable (TA) i matèria seca

Per mesurar la matèria seca, es van posar 15 grams de la mostra triturada a l'estufa durant 3 dies a 65 °C i es va mesurar la pèrdua de pes durant aquest període. Per mesurar el pH i l'acidesa valorable, es van posar 5 grams en un vas de precipitats amb 45 ml d'aigua destil·lada. Amb un pH-metre Crison (Figura 8) es va mesurar el pH, sempre mantenint la mostra en agitació.



**Figura 8.** pH-metre Crison utilitzat en el procediment.

La valoració de l'acidesa es va realitzar afegint NaOH 0,1M fins arribar a pH 8,1. Amb el valor de mL de NaOH utilitzats es va calcular l'acidesa valorable amb la equació mostrada a continuació (Eq 1). On V són els ml de NaOH utilitzats, m són els 5 g introduïts inicialment, C es la concentració del NaOH i S és la solució de NaOH.

$$Eq\ 1: \frac{V \cdot 10^3\ mL\ S_{NaOH}}{m\ g\ mostra} \cdot \frac{C\ mol\ NaOH}{10^3\ mL\ S_{NaOH}} \cdot \frac{1\ mol\ cítric}{3\ mol\ NaOH} \cdot \frac{192,12\ g\ cítric}{1\ mol\ cítric} = \frac{g\ cítric}{100\ g\ mostra}$$

Per calcular la concentració exacta de NaOH es va realitzar una valoració amb Biftalat de potassi de concentració coneguda. Es van introduir 15 mL de Biftalat, amb una pipeta aforada, en un erlenmeyer i es van afegir 2 o 3 gotes d'un indicador, en aquest cas fenolftaleïna. La valoració es va realitzar afegint NaOH 0,1 M fins que la solució va canviar de color, de transparent a rosa. Amb el valor de ml de NaOH utilitzats es va calcular la concentració exacte a partir de la següent equació (Eq 2). On V són els mL de Biftalat de potassi, en aquest cas 15 mL. C és la concentració coneguda de Biftalat, en aquest cas 0,10186 mols Biftalat de potassi/L. I v és els mL de NaOH utilitzats.

$$Eq\ 2: \frac{V\ mL\ K\ Biftalat \cdot C\ K\ Biftalat}{v\ mL\ NaOH} = c\ NaOH$$

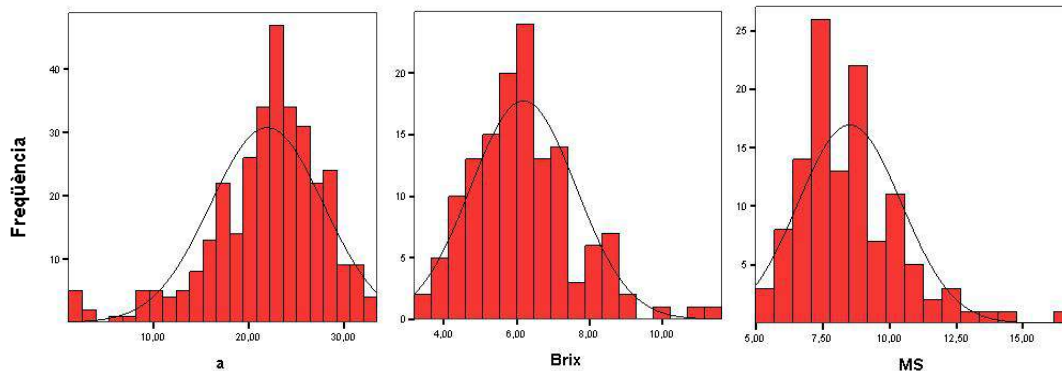
### 3.4. Anàlisi estadística

Les dades van ser analitzades amb el software SPSS. Els genotips van ser agrupats sota els diferents orígens considerats en el disseny experimental (Taula 2), per tal d'identificar si existien diferències entre grups varietals. Per estudiar l'efecte dels diferents factors es va emprar el procediment de l'ANOVA. Per aquells factors significatius ( $p < 0,05$ ) es va realitzar la separació de mitjanes emprant el procediment de Student-Newman-Keuls (SNK). La matriu completa de dades es va analitzar mitjançant el procediment de l'anàlisi de components principals (PCA) amb les dades prèviament tipificades (comparteixen la mateixa escala per homogeneïtzar els caràcters). Finalment es va realitzar un estudi de correlacions, considerant per separat les dues irrigacions, mitjançant el coeficient de Pearson.

## 4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

### 4.1. Distribució normal

Previ a l'estudi de les variables mitjançant el procediment de l'ANOVA s'ha realitzat un estudi de les variables i en tots els casos els histogrames dels caràcters quantitius mostren una distribució normal. A la Figura 9 podem observar un exemple de 3 dels caràcters estudiats, una component del color ( $a^*$ ), els  $^{\circ}$ Brix (sòlids solubles totals) i la matèria seca.



**Figura 9.** Histogrames de tres variables:  $a^*$  (component del color),  $^{\circ}$ Brix i matèria seca (MS), d'esquerra a dreta.

### 4.2. Fermesa i pèrdua de pes

A la Taula 3 es mostra l'ANOVA realitzada sobre l'evolució de la fermesa durant la postcollita. Els resultats senyalen que existeixen diferències significatives entre genotips i temps de postcollita ( $p < 0.05$ ) en totes les varietats tradicionals estudiades. El grup de les varietats modernes, presenta un comportament diferent, no existint diferències significatives entre genotips (Palamós i Manacor tenen una fermesa similar) i una menor disminució de la fermesa durant la postcollita. Respecte la dosi de reg, podem observar que l'estrès hídric provoca una disminució significativa de la fermesa en el moment de la collita en tots els materials ( $p < 0,05$ ).

Durant els primers 30 dies de postcollita és quan es produeix la major pèrdua de fermesa, existint diferències significatives entre la fermesa al moment de la collita i als 30 dies de postcollita en tots els materials, a excepció de les varietats modernes i el tomàquet de Ramallet cultivat en condicions d'irrigació normal. Per aquests dos grups la fermesa al moment de la collita i al cap de 30 dies és similar. Pel grup de materials que presenten diferències significatives en aquest període la disminució de la fermesa oscil·la entre el 30,1 i el 10,8%. Dins d'origen alguns genotips presenten un comportament diferent a la mitjana, fet que provoca que la interacció genotip\*temps de postcollita sigui significativa en 5 dels 8 grups estudiats.



En el període de 1 a 6 mesos de postcollita, la fermesa del fruit evoluciona molt poc, no existint diferències significatives entre els diferents períodes en els materials tradicionals. A excepció del cas del tomàquet de Penjar cultivat en condicions d'irrigació normal en el qual es produeix una disminució significativa en els períodes de 1 a 2 i de 2 a 4 mesos.

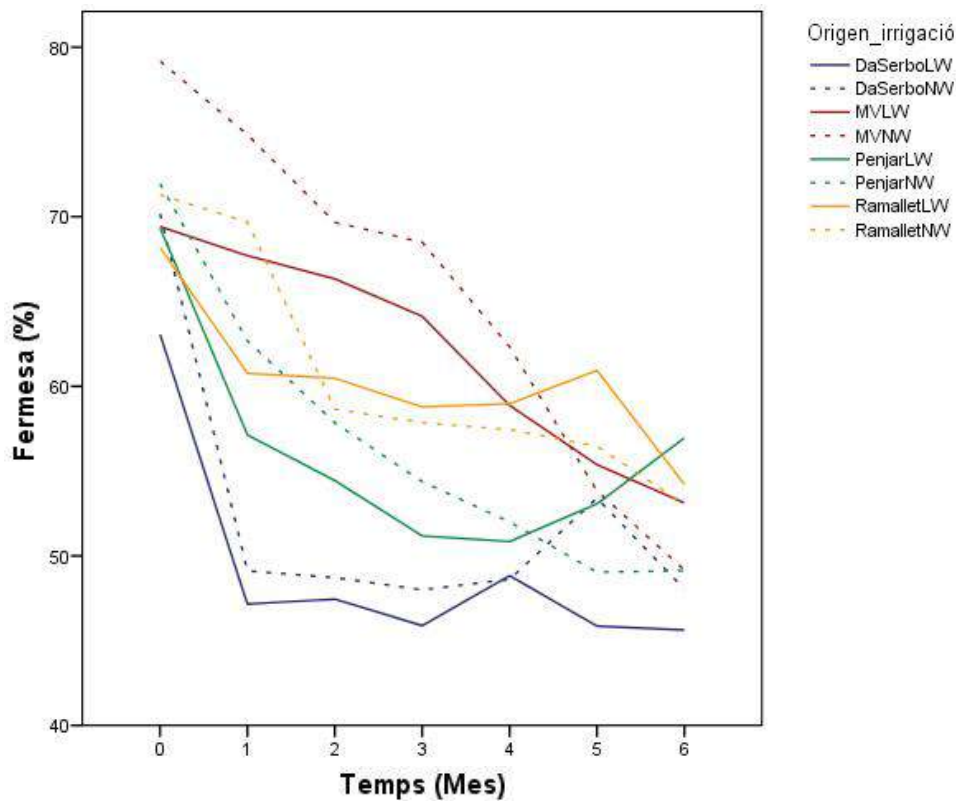
L'evolució de la fermesa durant la postcollita mostra un patró diferent en funció de l'origen dels materials. Les varietats italianes presenten una disminució molt elevada en el primer mes de postcollita. En canvi les varietats modernes mantenen una major fermesa durant els primers 4 mesos de postcollita, en comparació amb la resta de materials (existeixen diferències significatives entre les varietats modernes i la resta de varietats en els primers 3 mesos).

**Taula 3.** Evolució de la fermesa del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials. Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita i genotips.

	Reg	0	1	2	3	4	5	6	Genotip	Temps	G*T
<b>DaSerbo (TRVI_TRPO)</b>											
<b>Penjar (TRCA_TRVA)</b>	NW	70,20 a A	49,10 b A	48,70 b A	48,00 b A	48,60 b A	53,40 b A	48,00 b A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	63,10 a B	47,20 b A	47,40 b A	45,90 b A	48,80 b A	45,90 b A	45,60 b A	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Ramallet (TRBA)</b>	NW	72,00 a A	62,70 b A	57,80 c A	54,40 cd A	52,00 d A	49,00 d A	49,10 d A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	69,30 a B	57,10 b B	54,40 b A	51,20 b A	50,80 b A	53,10 b A	57,00 b A	<0,05	<0,05	<0,05
<b>MV</b>	NW	71,30 a A	69,70 a A	58,70 b A	57,80 b A	57,40 b A	56,50 b A	53,05 b A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	68,20 a B	60,80 b B	60,50 b A	58,80 b A	58,90 b A	60,90 b A	54,20 b A	<0,05	<0,05	0,10
	NW	79,20 a A	74,83 a A	69,67 ab A	68,50 ab A	62,33 bc A	53,83 cd A	49,17 d A	0,15	<0,05	0,57
	LW	69,42 a B	67,70 a A	66,33 ab A	64,13 abc B	58,88 abc A	55,38 bc A	53,13 c A	0,10	<0,05	0,69

\*MV= varietats modernes

Com es mostra a la Figura 10, els materials que provenen d'Itàlia (Da Serbo) tenen una disminució molt pronunciada de la fermesa durant el primer mes de postcollita, tal com s'ha vist anteriorment a la taula de l'ANOVA (Taula 3). Podem observar que en les varietats modernes la fermesa és molt més alta en el moment de la collita, sobretot en condicions de reg normal. Les diferències entre orígens i dosis de reg es van escurçant durant la postcollita, existint poques diferències entre tractaments al final de l'estudi (sisè mes).



**Figura 10.** Evolució de la fermesa del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

Els resultats de l'evolució de la pèrdua de pes (Taula 4) senyalen que existeixen diferències significatives entre genotips i temps de postcollita, i per contra la dosi de reg té un efecte menor sobre la velocitat de pèrdua de pes dels materials. En general, la pèrdua de pes durant el primer mes de postcollita és significativament superior a la resta de períodes, a excepció del tomàquet de Ramallet cultivat en condicions de reg normal, pel qual la major pèrdua de pes s'ha registrat en el període 2 a 3 mesos.

El volum d'aigua aplicat durant el cultiu no té un efecte significatiu i consistent sobre l'evolució de la pèrdua de pes, existint diferents patrons de comportament segons l'origen, així com una interacció genotip\*temps de postcollita significativa per les varietats originàries d'Itàlia (Da Serbo) i Catalunya (tomàquet de Penjar). En el tomàquet de Penjar no existeixen diferències significatives entre tractaments pel que fa a la pèrdua de pes. En canvi en el tomàquet Da Serbo, en el de Ramallet i en les varietats modernes, la pèrdua de pes és significativament superior en el tractament amb reg normal als 4 i 5 mesos, entre els 3 i 6 mesos i durant tots els 6 mesos de postcollita, respectivament.

**Taula 4.** Evolució de la pèrdua de pes del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials (els valors representen el percentatge de pèrdua de pes durant el període d'un mes, és a dir la pèrdua de pes 1 indica la pèrdua de pes entre el moment de la collita i el primer mes). Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita.

	Reg	1	2	3	4	5	6	Genotip	Temps	G*T
<b>DaSerbo (TRVI_TRPO)</b>										
	NW	10,10 a A	5,40 c A	7,60 b A	3,10 e A	4,40 d A	2,90 e A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	9,80 a A	5,00 b A	5,30 b B	2,60 c B	4,60 b A	3,30 c B	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Penjar (TRCA_TRVA)</b>										
	NW	9,80 a A	4,60 c A	6,40 a A	3,40 d A	5,20 c A	3,60 d A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	8,30 a A	3,70 b A	4,30 b A	2,00 c A	3,40 b A	2,30 c A	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Ramallet (TRBA)</b>										
	NW	6,80 b A	7,00 b A	9,00 a A	3,80 d A	5,70 bc A	4,70 cd A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	7,10 a A	3,30 bc B	3,70 b B	1,80 d B	3,00 c B	2,30 d B	<0,05	<0,05	0,20
<b>MV</b>										
	NW	9,10 a A	4,20 c A	4,70 bc A	2,30 d A	5,20 b A	4,10 c A	0,53	<0,05	0,65
	LW	6,00 a B	3,00 b B	3,30 b B	1,60 d B	3,20 b B	2,40 c B	<0,05	<0,05	0,22

\*MV= varietats modernes

### 4.3. Color

A la Taula 5 es mostren els resultats del color al moment de la collita (temps 0), mesurat a l'espai CIELAB (paràmetres  $a^*$ ,  $b^*$  i  $L^*$ ) mitjançant un colorímetre Konica Minolta CR400. Com podem observar, la dosi de reg té un efecte significatiu sobre els paràmetres lluminositat ( $L^*$ ) i  $b^*$ , però no pel paràmetre  $a^*$ . A més, veiem que la mitjana de la variable  $L^*$  és superior en la irrigació deficitària, en canvi, per la variable  $b^*$  és superior en reg normal. Aquests valors ens indicarien que en condicions de reg deficitari tendim a obtenir fruits més vermellors. La coloració vermella del fruit està definida principalment pel paràmetre  $a^*$  i la relació  $a/b$ , essent els fruits amb elevats valors per ambdós paràmetres més vermells. Per tant, valors baixos de  $b^*$  mantenint els valors del paràmetre  $a^*$  (cas del reg deficitari) provocarien una coloració més vermella dels fruits.

Pel que fa als orígens, hi ha diferències significatives entre ells per les 3 variables. Però trobem 2 excepcions, la primera en el paràmetre  $a^*$ , on entre el tomàquet de Penjar i Ramallet no hi ha diferències significatives. I la segona per la lluminositat, on entre les varietats modernes i la de Penjar no hi ha diferències. Aquests resultats indicarien que cada tipus varietal (origen) està definit per una coloració diferent, els materials Da Serbo essent caracteritzats per una coloració vermella intensa, els de Ramallet per una coloració intermèdia i els de Penjar per una coloració més pàl·lida (Figura 11).



**Figura 11.** Mostra de 4 varietats dels diferents orígens: Da Serbo (a dalt a l'esquerra), Manacor, varietat moderna (a dalt a la dreta), Penjar (a baix a l'esquerra) i Ramallet (a baix a la dreta).

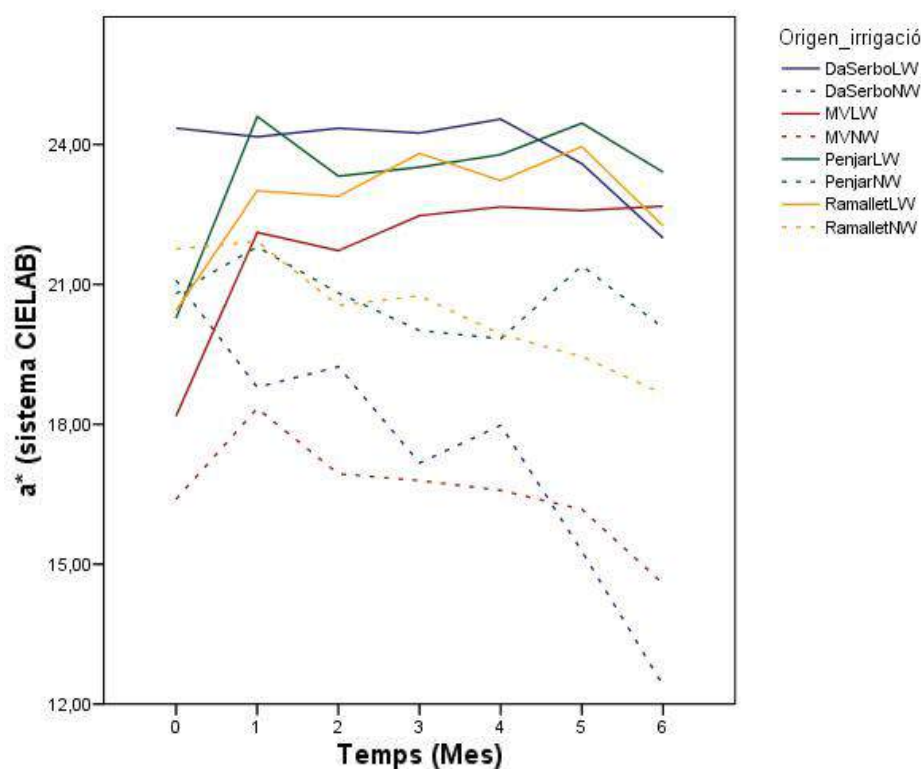
**Taula 5.** Components del color en el moment de la collita segons l'origen dels materials. En cada component L\*, a\* i b\*: Dins de columna i origen, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre orígens; dins de columna i reg, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW). A la part de baix de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre orígens i entre regs.

	L		a		b	
<b>Origen</b>						
Ramallet (TRBA)	44,06	b	20,95	b	25,30	b
Penjar (TRCA_TRVA)	45,81	c	20,51	b	29,08	d
DaSerbo (TRVI_TRPO)	42,54	a	22,81	c	26,74	c
MV	45,91	c	17,28	a	23,37	a
<b>Reg</b>						
LW	44,42	A	21,59	A	26,71	A
NW	43,86	B	20,74	A	26,96	B
<b>Origen</b>	<0,05		<0,05		<0,05	
<b>Genotip (Origen)</b>	<0,05		<0,05		<0,05	
<b>Reg</b>	<0,05		0,09		<0,05	
<b>O*R</b>	0,78		<0,05		<0,05	
<b>O*R*G</b>	<0,05		<0,05		<0,05	

\*MV= varietats modernes

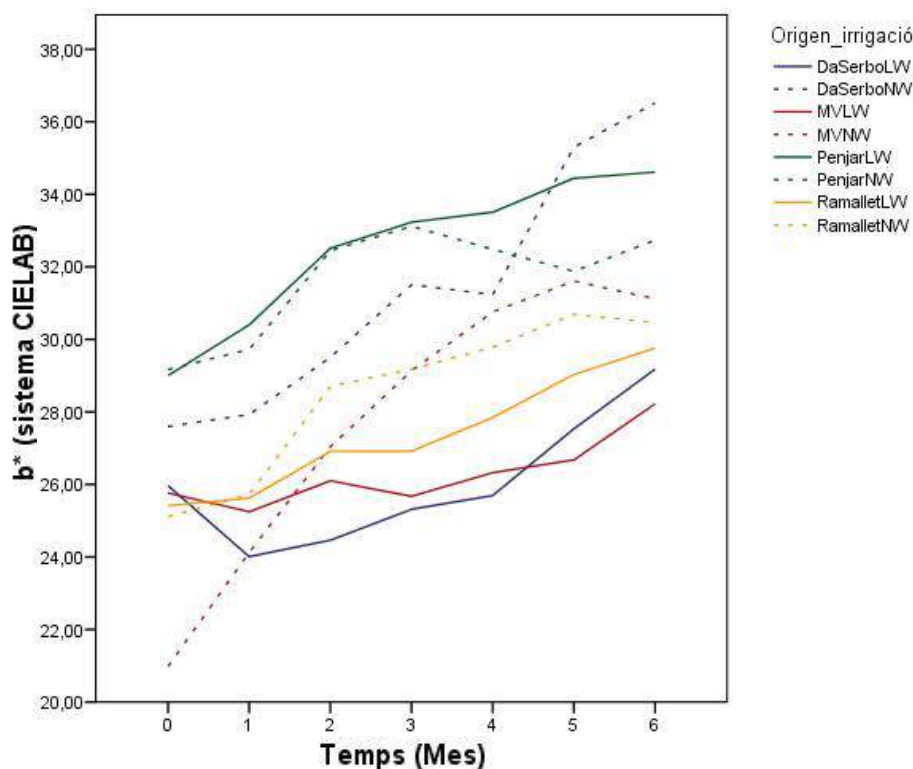
A la Figura 12, es mostra l'evolució del paràmetre  $a^*$  durant els 6 mesos de postcollita. Com s'ha comentat anteriorment (Taula 5) no hi ha diferències significatives en el moment de la collita entre dosis de reg, però en el període entre els 1 i 6 mesos veiem una clara distinció entre regs. Els fruits cultivats sota estrès hídric mostren uns valors superiors al reg normal, un fet que indica que els fruits tendeixen a ser més vermells amb aquesta irrigació durant la postcollita.

Pel que fa al reg normal, podem veure una separació de dos grups. El primer estaria constituït pel tomàquet de Penjar i de Ramallet que mostren, durant el període 1-6 mesos, valors més alts que les varietats modernes i Da Serbo. S'observa un comportament diferent entre les dosis de reg: amb irrigació deficitària en un primer moment augmenta però en el sisè més disminueix, en canvi amb irrigació normal disminueix des del primer moment. A més, pel que fa al tomàquet Da Serbo, manifesta una disminució molt més pronunciada que la resta d'òrgens. Finalment, cal destacar que en la irrigació deficitària el rang de variació és molt inferior al de la normal. Aquests resultats ens indiquen que la dosi de reg té un efecte molt important sobre el metabolisme dels carotenoides durant la postcollita, així com també que existeixen diferències de comportament en funció de l'origen dels materials.



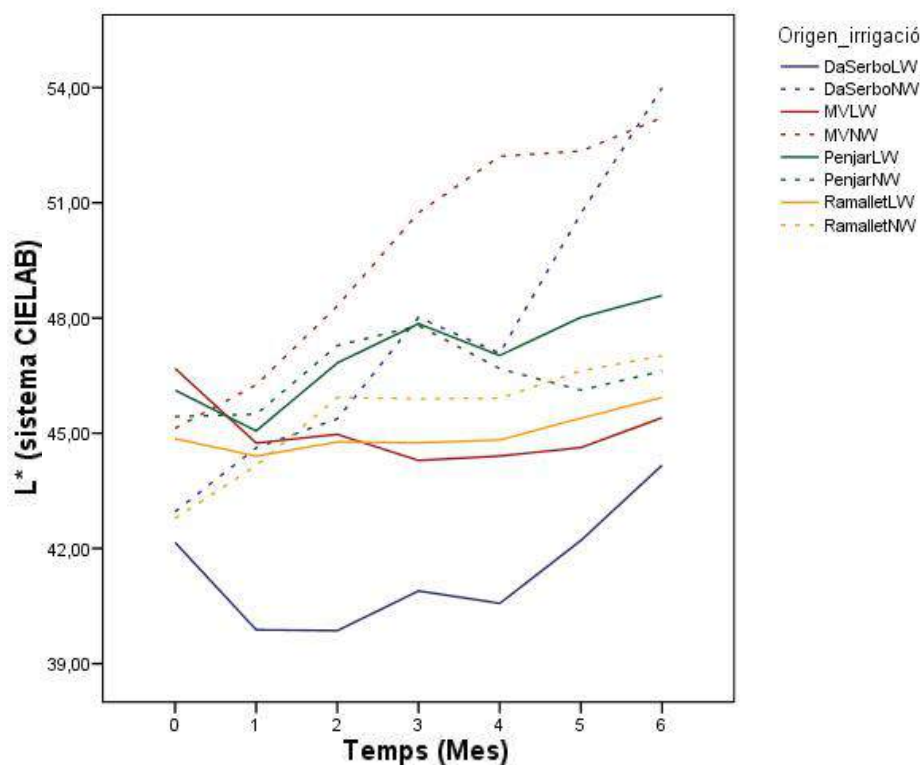
**Figura 12.** Evolució de  $a^*$  (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, component vermell-verd) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

A la Figura 13, es presenta l'evolució del paràmetre  $b^*$  durant els 6 mesos de postcollita. En aquest cas, veiem una diferència entre regs en tots els casos, excepte en el cas del tomàquet de Penjar durant els primers 3 mesos i el tomàquet de Ramallet en el període 0-1 mesos. Tan les varietats modernes com el tomàquet Da Serbo en reg normal, tenen un augment molt pronunciat, sent el Da Serbo el valor més alt als 6 mesos de postcollita. S'observa que majoritàriament tendeix a augmentar durant la postcollita. Com s'observa a la figura existeixen orígens amb comportaments anòmals, com és el cas de les varietats modernes. Aquest cas segurament és el responsable de la interacció origen\*dosi de reg senyalada a la Taula 5.



**Figura 13.** Evolució del paràmetre  $b^*$  (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, component groc-blau) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

A la Figura 14, es mostra l'evolució de la Lluminositat del fruit durant els 6 mesos de postcollita. Els materials, agrupats per orígens i dosis de reg, mostren comportaments heterogenis durant la postcollita. Podem observar que en les varietats modernes i el tomàquet Da Serbo hi ha diferències importants entre dosis de reg. A més, el gràfic mostra que el Da Serbo en irrigació deficitària té uns valors bastant més baixos que la resta d'orígens i regs. Però en reg deficitari, en el sisè mes de postcollita manifesta valors superiors a la resta d'orígens juntament amb les varietats modernes en irrigació deficitària. També podem destacar que aquest dos casos mencionats anteriorment, mostren un augment molt més pronunciat que la resta d'orígens i regs. El cas del tomàquet de Penjar i Ramallet és diferent, presentant poques diferències entre dosis de reg, així com pocs canvis durant la postcollita.



**Figura 14.** Evolució de L\* (Coordenada cromàtica del sistema CIELAB, lluminositat) durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

#### 4.4. Composició química

El resultat de l'estudi de la composició química en el moment de la collita (0 mesos) (Taula 6), senyalen que hi ha diferències significatives entre irrigacions pels 4 caràcters estudiats. S'observa que, en tots els casos, els valors són significativament més elevats en reg deficitari, excepte pel pH. Per tant, podem assumir que el reg deficitari provoca una concentració de matèria seca i sòlids solubles en el fruit, tant de sucres reductors com d'àcids.

Pel que fa a la matèria seca i l'acidesa, podem veure que hi ha diferències significatives entre tots els orígens, excepte entre Ramallet i Penjar per la matèria seca, i entre Da Serbo i les varietats modernes per l'acidesa valorable, respectivament. En canvi, pel pH s'observen dos grups: un format pel tomàquet Ramallet i les varietats modernes (valors baixos) i un altre pel tomàquet de Penjar i el tomàquet Da Serbo (valors elevats). Existeixen interaccions significatives entre origen\*reg\*genotip com entre origen\*reg en la majoria de variables.

**Taula 6.** Composició química (°Brix, pH, Matèria seca i Acidesa Valorable) en el moment de la collita. A cada variable: Dins de columna i origen, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre orígens; dins de columna i reg, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW). A la part de baix de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre orígens i entre regs.

	Brix		pH		Mseca		TA	
<b>Origen</b>								
Ramellet (TRBA)	5,97	a	4,06	a	8,41	a	0,63	c
Penjar (TRCA_TRVA)	6,19	ab	4,16	b	8,17	a	0,43	a
DaSerbo (TRVI_TRPO)	6,62	bc	4,14	b	9,70	c	0,50	b
MV	6,43	c	4,06	a	9,15	b	0,52	b
<b>Reg</b>								
LW	6,75	A	4,09	A	9,39	A	0,58	A
NW	5,75	B	4,15	B	8,08	B	0,45	B
<b>Origen</b>	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
<b>Genotip (Origen)</b>	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
<b>Reg</b>	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
<b>O*R</b>	<0,05		<0,05		<0,05		0,16	
<b>O*R*G</b>	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	

\*MV= varietats modernes

A la Taula 7 es mostren els resultats de l'ANOVA sobre l'evolució dels sòlids solubles totals (°Brix) durant la postcollita i l'efecte de la dosi de reg. Els resultats mostren que, en tots els casos, hi ha diferències significatives entre dosis de reg, temps de postcollita i entre genotips dins d'un mateix origen. L'estrès hídric provoca una major acumulació de sucres en el fruit en tots els casos (orígens temps de postcollita), tal com s'ha descrit prèviament a la literatura científica (Mitchell et al., 1991). Els °Brix són superiors en el tractament amb dèficit hídric. Aquest resultat s'observa gràficament a la Figura 15, on veiem aquesta clara diferenciació entre les dues irrigacions. Com s'observa a la figura les diferències són molt grans en el cas de les varietats Penjar, Da Serbo i varietats modernes, i menys importants en el cas del tomàquet de Ramallet, per bé que en aquest cas les diferències són significatives entre ambdós règims hídrics en tots els temps d'anàlisi.

En els materials tradicionals i en condicions de reg normal, es produeix un increment significatiu dels sòlids solubles totals en el període 0 a 3 mesos i una disminució significativa entre els 3 i 6 mesos. Aquest patró de comportament no es produeix en les 2 varietats modernes estudiades, on no hi ha diferències significatives entre els 0 i 3 mesos. Aquesta concentració dels °Brix en el primer període de la postcollita pot ser deguda a diversos factors, entre els quals el més plausible és la concentració de soluts al fruit per la pèrdua d'aigua deguda a la transpiració. Posteriorment, en el període 3 a 6 mesos, els °Brix disminueixen significativament, degut segurament al seu consum durant el procés de respiració (Casals et al., 2015). No obstant aquest fenomen no s'observa en el cas del tractament amb dèficit hídric, pel qual no s'observen diferències significatives entre els 0 i 3 mesos de postcollita. En aquest tractament el tomàquet Da Serbo,

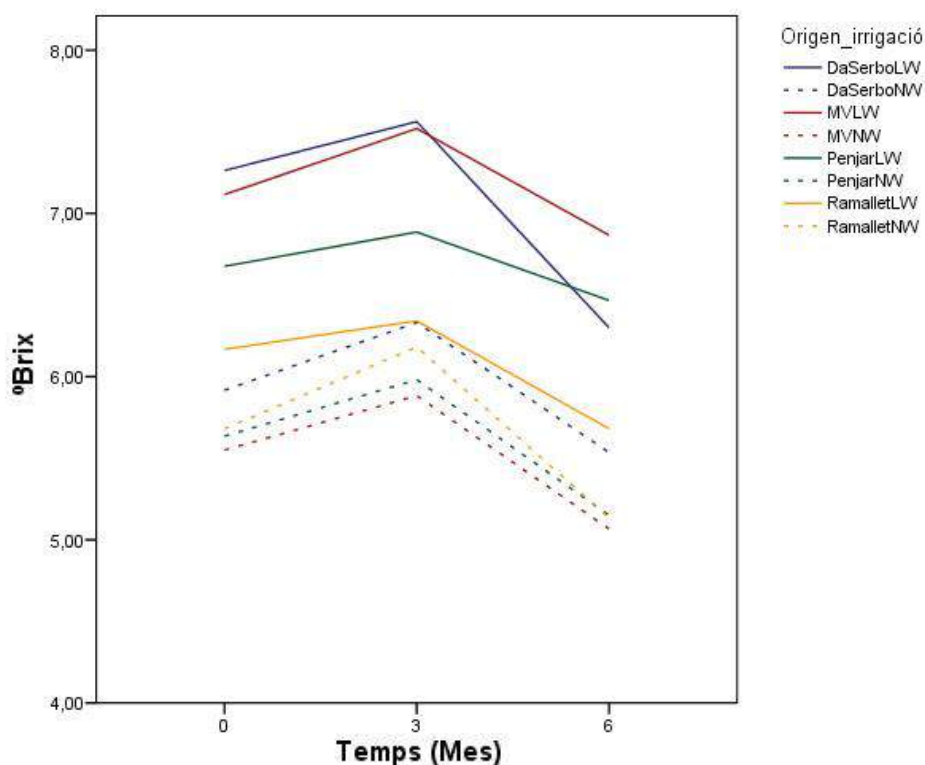


Ramallet i les varietats modernes presenten diferències significatives entre els 3 i 6 mesos, en canvi, en el de Penjar no hi ha distinció en cap dels mesos. La interacció genotip\*temps de postcollita és significativa en 4 dels 8 casos d'estudi, indicant que existeixen genotips que no es comporten com la mitjana del seu grup.

**Taula 7.** Evolució dels °Brix (sòlids solubles totals) del fruit durant la postcollita segons l'origen dels materials. Dins de columna i origen, diferents lletres en majúscula indiquen diferències significatives entre reg deficitari (LW) i reg normal (NW); dins de fila, diferents lletres en minúscula indiquen diferències significatives entre temps de postcollita. A la part dreta de la taula es presenta el valor de la significació dels factors considerats a l'ANOVA corresponent a l'anàlisi de les diferències entre temps de postcollita.

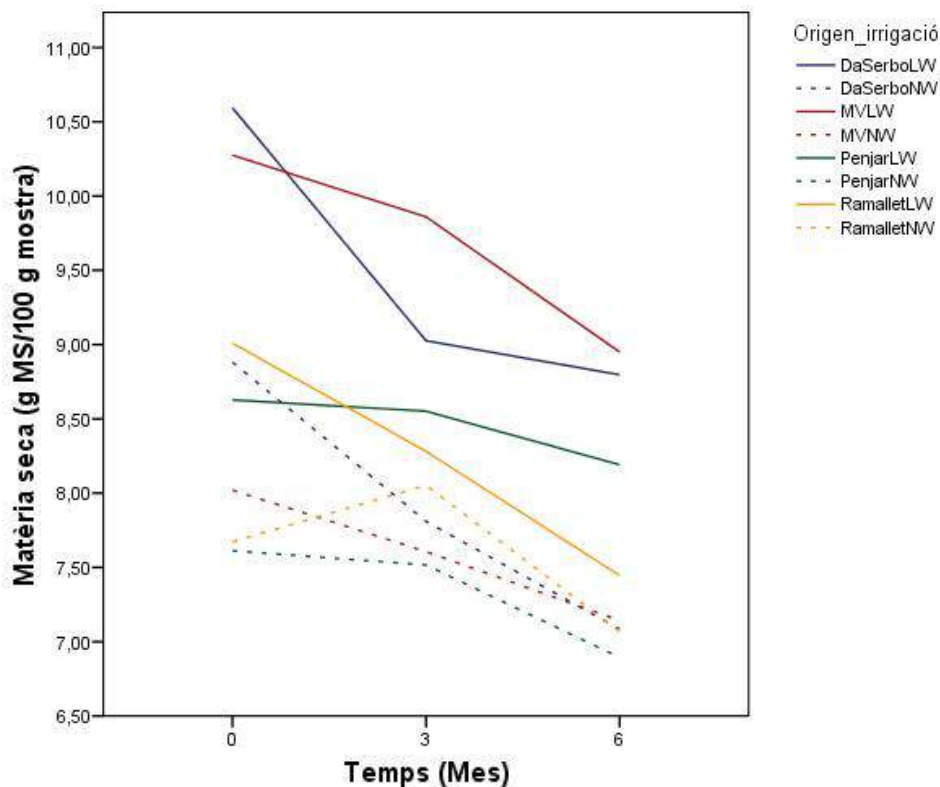
	Reg	0	3	6	Genotip	Temps	G*T
<b>DaSerbo (TRVI_TRPO)</b>							
	NW	5,92 b A	6,33 c A	5,54 a A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	7,26 b B	7,56 b B	6,30 a B	<0,05	<0,05	0,12
<b>Penjar (TRCA_TRVA)</b>							
	NW	5,64 b A	5,98 c A	5,15 a A	<0,05	<0,05	0,12
	LW	6,68 a B	6,89 a B	6,47 a B	<0,05	0,17	0,06
<b>Ramallet (TRBA)</b>							
	NW	5,68 b A	6,18 c A	5,13 a A	<0,05	<0,05	<0,05
	LW	6,17 b B	6,34 b B	5,68 a B	<0,05	<0,05	0,41
<b>MV</b>							
	NW	5,55 b A	5,88 b A	5,07 a A	0,98	<0,05	<0,05
	LW	7,12 ab B	7,52 b B	6,87 a B	<0,05	<0,05	0,08

\*MV= varietats modernes



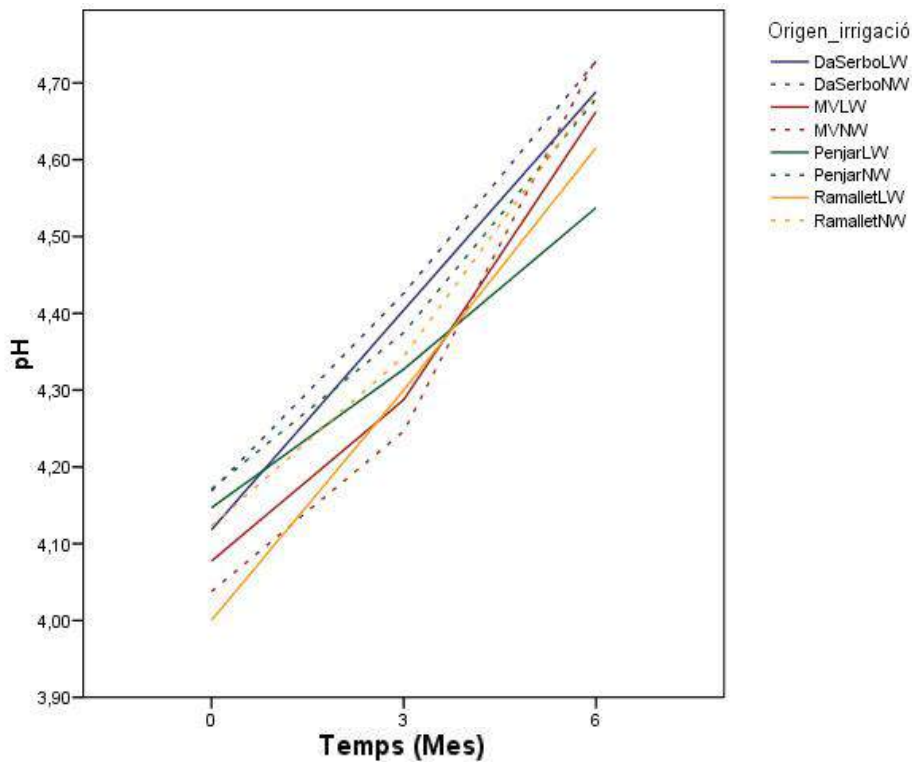
**Figura 15.** Evolució dels °Brix durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Les línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinües indiquen el reg normal (NW). Els orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

A la Figura 16 es mostra l'evolució de la matèria seca durant la postcollita. Com s'ha descrit anteriorment (Taula 7) existeix una diferència clara i significativa entre dosis de reg, essent en tots els casos la matèria seca significativament inferior en el reg normal. Els valors més elevats de matèria seca els presenten les varietats modernes i Da Serbo en condicions d'estrès hídric. Durant la postcollita tots els materials presenten una disminució pronunciada de la matèria seca, oscil·lant entre un 1 i un 2%.

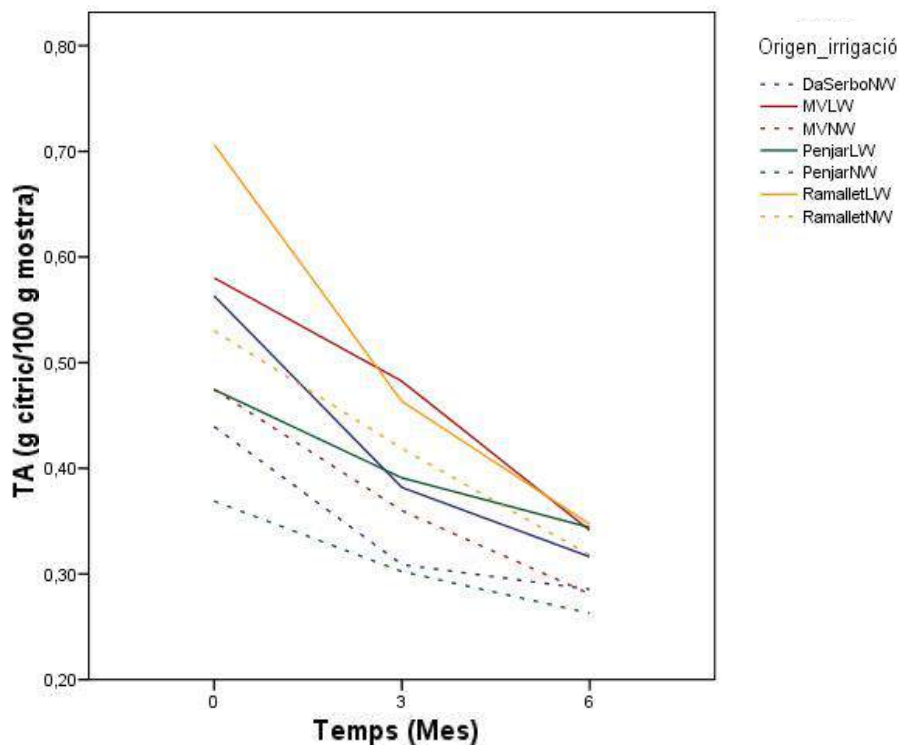


**Figura 16.** Evolució de la matèria seca del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials i la dosi de reg. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

Referent a l'evolució de l'acidesa, a les figures 17 i 18 es presenta l'evolució del pH i l'acidesa valorable, respectivament. Ambdues figures mostren una disminució pronunciada de l'acidesa durant la postcollita, essent el comportament similar entre orígens i dosis de reg. Per la variable acidesa valorable podem veure una lleugera diferència entre regs, on la irrigació deficitària presenta valors superiors a la normal en tots els orígens. En el tomàquet de Ramallet s'observa una disminució molt pronunciada, molt més que en la resta d'orígens.



**Figura 17.** Evolució del pH del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).



**Figura 18.** Evolució de la acidesa valorable (TA) del fruit durant els 6 mesos de postcollita segons l'origen dels materials. Las línies contínues indiquen el reg deficitari (LW) i les línies discontinúes indiquen el reg normal (NW). El orígens estan marcats en diferents colors, Da Serbo (Blau), Penjar (Verd), Ramallet (Groc) i MV (Vermell).

#### 4.5. Anàlisi de components principals

S'ha realitzat una anàlisi de components principals (PCA) amb totes les dades quantitatives obtingudes a l'estudi, prèviament estandarditzades. La variància total explicada per les tres primeres components principals és del 80,13% (PCA1 (42,55%), PCA2 (24,96%) i PCA3 (12,63%) (Taula 8). La primera component explica principalment el color, i està correlacionada positivament amb els paràmetres L, b\* i negativament amb a\*. La segona component explica principalment el contingut en sòlids solubles, i està correlacionada principalment amb els sòlids solubles totals (°Brix) i la matèria seca. Finalment la tercera component està relacionada amb l'acidesa (TA, pH) i la fermesa del fruit (Taula 9).

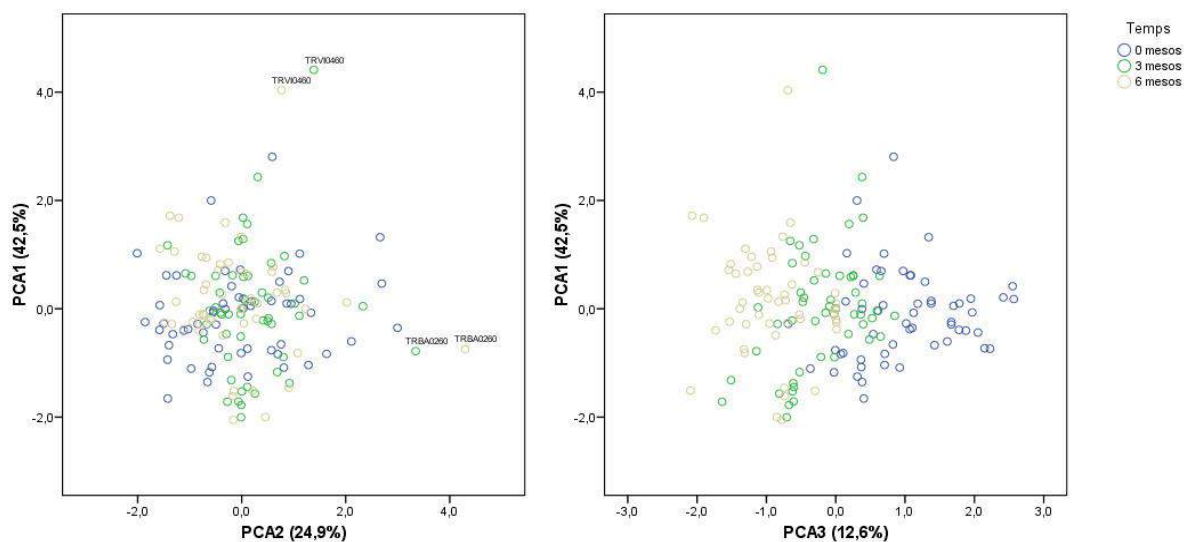
**Taula 8.** Variància total explicada.

Component	Total	% de la variància	% acumulat
1	3,83	42,55	42,55
2	2,25	24,95	67,50
3	1,14	12,63	80,13
4	0,52	5,79	85,92
5	0,50	5,59	91,50
6	0,36	4,00	95,51
7	0,19	2,13	97,64
8	0,14	1,57	99,21
9	0,07	0,79	100,00

**Taula 9.** Matriu de components.

	Component		
	1	2	3
<b>Pes del fruit</b>	0,43	-0,56	0,40
<b>Fermesa</b>	0,48	-0,32	0,61
<b>L*</b>	0,93	-0,28	0,00
<b>a*</b>	-0,75	0,32	-0,05
<b>b*</b>	0,89	-0,02	-0,19
<b>°Brix</b>	-0,19	0,90	0,11
<b>pH</b>	0,17	-0,12	-0,91
<b>Matèria seca</b>	-0,20	0,88	0,27
<b>TA</b>	-0,07	0,25	0,86

Els resultats de l'anàlisi de components principals senyalen que existeix una clara distinció entre temps de postcollita per la component PCA3, la qual està correlacionada amb la fermesa i l'acidesa del fruit. Ambdues variables serien caràcters indicadors de la vellesa dels fruits, i poden ser emprats com a indicadors de qualitat per la indústria alimentària. D'altra banda, la gràfica PCA1-PCA2 (Figura 19) mostra 2 genotips amb comportaments diferents a la resta. TR\_BA\_0260 es diferencia per presentar un contingut en sòlids solubles i matèria seca molt elevats (Taula 10). Aquest genotip presentaria un contingut en sucres molt elevat, i per tant és un bon candidat per fer directament produccions de qualitat o per ser emprat en programes de millora genètica. TR\_VI\_0460 es diferencia de la resta per la coloració del fruit presentant valors elevats de b\* i L i valors baixos de a\*. Com es pot observar a la Figura 20 aquest genotip es caracteritza per la coloració groguenca del fruit.



**Figura 19.** Representació gràfica dels genotips en funció dels temps de postcollita en les dimensions PCA1-PCA2 (esquerra) i PCA1-PCA3.

**Taula 10.** Sòlids solubles totals (°Brix) i matèria seca del genotip TR\_BA\_0260 en el moment de la collita i en el tercer i sisè mes de postcollita, en funció de la dosi de reg (Reg normal (NW), Reg deficitari (LW)).

Irrigació	Temps	°Brix	Matèria seca
NW	0	8,93	11,00
LW	0	6,50	9,89
NW	3	10,83	13,87
NW	6	11,63	16,83
LW	6	7,00	8,38



**Figura 20.** Fruits del genotip TR\_VI\_0460.

#### 4.6. Estudi de correlacions

L'estudi de correlacions ha permès identificar un gran número de correlacions entre les variables estudiades, tant en el règim de reg deficitari com de reg normal. Les correlacions més destacables estan descrites a continuació (Taula 10).

La fermesa està negativament correlacionada amb el desenvolupament de color vermell (a\*) i positivament amb el color groc (b\*) i la lluminositat, indicant que els genotips menys vermells presenten una major fermesa.

El pes del fruit està negativament correlacionat amb els sòlids solubles totals i el contingut de matèria seca, un fenomen que ha estat descrit àmpliament a la literatura científica. El pes del fruit està negativament correlacionat amb la coloració vermella del fruit i positivament amb la lluminositat, indicant que els genotips de fruit més gran presenten una menor coloració vermella del fruit.

Els sòlids solubles totals estan positivament correlacionats amb el paràmetre a\*, indicant que els fruits vermells presenten un major valor de °Brix. Com era d'esperar, l'acidesa valorable està negativament correlacionada amb el pH.

Per la resta de variables s'observen importants diferències entre les correlacions obtingudes en el tractament deficitari i el tractament amb reg normal, indicant que l'ambient té un efecte significatiu sobre l'expressió dels caràcters. Per exemple, en el reg normal la lluminositat i la matèria seca presenten una correlació significativa i molt elevada ( $r=-0,717$ ). Aquesta correlació no s'ha observat en el tractament deficitari.

**Taula 10.** Correlacions entre tots els caràcters estudiats. A la part superior dreta, en blau, es mostren les correlacions en el tractament deficitari. A la part inferior esquerra, en negre, es mostren les correlacions en el tractament reg normal. (\*\*) Indica correlació significativa al nivell 0,01, (\*) indica correlació significativa al nivell 0,05.

	Pes del fruit	Fermesa	L*	a*	b*	°Brix	pH	Matèria seca	TA	Pèrdua Pes
Pes del fruit		,571(**)	,622(**)	-,503(**)		-,493(**)		-,503(**)		
Fermesa	,644(**)		,675(**)	-,489(**)			-,525(**)		,443(**)	
L*	,562(**)	,704(**)		-,586(**)	,804(**)					-,491(**)
a*	-,434(**)	-,546(**)	-,832(**)			,427(**)				
b*		,534(**)	,843(**)	-,667(**)						
°Brix	-,429(**)		-,626(**)	,457(**)				,905(**)		,462(**)
pH		-,544(**)	,414(**)	-,330(*)				-,453(**)	-,873(**)	
Matèria seca	-,430(**)		-,717(**)	,458(**)	-,434(**)	,953(**)			,470(**)	,554(**)
TA							-,736(**)			
Pèrdua Pes	-,450(**)	-,470(**)	-,640(**)		-,526(**)	,763(**)		,824(**)		

## 5. CONCLUSIONS

Els resultats d'aquest treball han permès identificar les diferències entre varietats tradicionals i l'efecte de la dosi de reg sobre l'evolució dels paràmetres de qualitat durant la postcollita. En general podem assumir que el dèficit hídric provoca una millora de la qualitat. Alhora existeixen diferències significatives entre orígens respecte a l'evolució dels diferents paràmetres estudiats. Més específicament les principals conclusions del treball són:

- En tots els materials tradicionals estudiats, la major pèrdua de pes es produeix durant els primers 30 dies de postcollita. La pèrdua de pes és superior en el reg normal, si bé aquest comportament no s'observa en alguns tipus varietals (Penjar) i en alguns moments de la postcollita (e.g. 0 a 1 mesos).
- La dosi de reg té un efecte significatiu sobre la fermesa del fruit, essent més fermes els fruits cultivats sota irrigació normal.
- El color del fruit evoluciona de manera considerable durant la postcollita. En reg normal s'observa una disminució significativa del color vermell (paràmetre  $a^*$  de l'espai CIELAB), mentre que en reg deficitari aquest paràmetre no evoluciona o incrementa lleugerament. Els pigments que determinen el color groc (paràmetre  $b^*$ ) tendeixen a incrementar durant la postcollita. Per aquest paràmetre s'ha observat que els fruits cultivats sota un règim de reg normal tendeixen a presentar valors superiors. Finalment, pel paràmetre lluminositat s'observen comportaments diferents entre orígens i dosis de reg.
- Durant la postcollita s'observa una disminució significativa de l'acidesa del fruit (disminució de l'acidesa valorable i increment del pH). Els fruits cultivats en condicions de dèficit hídric presenten una acidesa significativament superior.
- La matèria seca presenta un comportament similar a l'acidesa, amb una reducció durant els dos períodes de postcollita estudiats (0-3 i 3-6 mesos). Contràriament, els sòlids solubles incrementen en el període 0 a 3 mesos en el tractament de reg normal i no varien en el cas del reg deficitari. Per ambdues variables s'observen valors significativament superiors en el reg deficitari.
- L'anàlisi de components principals senyala que els caràcters que discriminen més entre temps de postcollita són l'acidesa i la fermesa del fruit. Alhora ha permès identificar una entrada (TRBA0260) amb un contingut de sòlids solubles totals i matèria seca molt elevat.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- 1) Agbna, G. et al., 2017. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. *Scientia Horticulturae*. Vol. 222, núm. February, p. 90-101.
- 2) Alarcon, A., 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecologicos de fertilizacion. [Consulta: 6 de setembre del 2017]. Disponible a: [http://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO\\_ALARCON\\_ZAYAS.pdf](http://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO_ALARCON_ZAYAS.pdf).
- 3) Arah, I.K. et al., 2015. Preharvest and postharvest factors affecting the quality and shelf life of harvested tomatoes: A mini review. *International Journal of Agronomy*. Vol. 2015, núm. December.
- 4) Beckles, D.M., 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. Elsevier B.V., Vol. 63, núm. 1, p. 129-140.
- 5) Bhowmik, S.R. i Pan, J.C., 1992. Shelf Life of Mature Green Tomatoes Stored in Controlled Atmosphere and High Humidity. *Journal of Food Science*. Vol. 57, núm. 4, p. 948-953.
- 6) Blanca, J. et al., 2015. Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC Genomics*. Vol. 16, núm. 1, p. 257.
- 7) Casals, J., 2012. *Filogènia i variabilitat genètica de les varietats tradicionals de tomàquet (Solanum lycopersicum L.) Montserrat/Pera de Girona i Penjar: estratègies per a la millora de la seva qualitat organolèptica*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
- 8) Casals, J. et al., 2012. Genetic basis of long shelf life and variability into Penjar tomato. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol. 59, núm. 2, p. 219-229.
- 9) Casals, J. et al., 2015. Sugar-and-acid profile of Penjar tomatoes and its evolution during storage. *Scientia Agricola*. Vol. 72, núm. 4, p. 314-321.
- 10) Cerdas, M. i Montero, M., 2002. *Manual de Manejo Poscosecha de Tomate*. ISBN 9968877-0206.
- 11) FAOSTAT, 2014. Food and agriculture organization corporate stadistical . [Consulta: 6 d'agost de 2017]. Disponible a: <http://faostat.fao.org/>.
- 12) Frusciantè, L. et al., 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition and Food Research*. Vol. 51, núm. 5, p. 609-617.
- 13) Galmés, J. et al., 2013. Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*: Anatomical adaptations in relation to gas exchange parameters. *Plant, Cell and Environment*. Vol. 36, núm. 5, p. 920-935.
- 14) Gorini, F., 1999. *Guía completa del cultivo del tomate*. Barcelona: De Vecchi. ISBN 8431523204.
- 15) Liedl, B.E. et al., 2013. *Genetics, genomics and breeding of tomato*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9781466505162.
- 16) Mitchell, J.P. et al., 1991. Tomato Fruit Yields and Quality under Water Deficit and Salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Vol. 116, núm. 2, p.



215-221.

- 17) Navarro-López, E.R. et al., 2012. Calidad Poscosecha En Frutos De Tomate Hidropónico Producidos Con Agua Residual Y De Pozo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol. XVIII, núm. 3, p. 263-277.
- 18) Nuez, F., 1995. *El cultivo del tomate*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 8471145499.
- 19) Rodríguez, R. et al., 1997. *Cultivo moderno del tomate*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- 20) Santos, A., 2017. La arquitectura de la tomatera: desarrollo de una metodología de fenotipado y aplicación al estudio de factores genéticos y ambientales. Treball fina de grau. Universitat Politècnica de Catalunya.
- 21) Traditom, 2015. Traditom. [Consulta: 10 d'agost de 2017]. Disponible a: <http://www.traditom.eu/>