



Universitat
de les Illes Balears

Departamento de Química

Estudi de la influencia del medi a les característiques diferencials del Pebre vermell coent mallorquí

Proyecto BIA17/18

Convocatòria de subvencions: projectes
d'investigació aplicada 2018

Susana Simal

Grup d'Enginyeria Agroalimentària. UIB

Octubre 2020

Índice

1	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	7
2	OBJETIVO	8
3	EQUIPO INVESTIGADOR.....	9
4	PLANIFICACIÓN EXPERIMENTAL	9
4.1	Tipos de muestras	9
4.2	Nomenclatura.....	10
4.3	Diseño experimental	11
4.3.1	Estudio de caracterización y diferenciación del pebre coent mallorquí	11
4.3.2	Estudio del vínculo con el medio geográfico, histórico, cultural y reputación	11
4.3.3	Estudio de la influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad <i>cirereta</i> sobre las características del pebre vermell coent mallorquí.....	11
4.3.4	Estudio de la segunda vida útil del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	12
5	MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1	Caracterización física	13
5.1.1	Granulometría	13
5.1.2	Color	13
5.1.3	Índice de oscurecimiento (IO)	14
5.2	Caracterización química	14
5.2.1	Contenido en humedad.....	14
5.2.2	Contenido en cenizas.....	14
5.2.3	Extracto etéreo	14
5.2.4	Contenido en fibra.....	14
5.2.5	Contenido en carotenoides totales	15
5.2.6	Contenido en capsaicinas	15
5.2.7	Contenido en elementos minerales	15
5.3	Caracterización sensorial.....	16
5.4	Datos climatológicos	16
5.5	Tratamiento estadístico de datos.....	16
5.5.1	Análisis univariante	16
5.5.2	Análisis multivariable.....	18
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1	Caracterización físico-química del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	20
6.1.1	Granulometría	21

6.1.2	Color	22
6.1.3	Caracterización química	23
6.1.4	Caracterización sensorial.....	29
6.2	Descripción, elaboración y vínculo histórico del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	30
6.2.1	Proceso tradicional de elaboración del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	31
6.2.2	Vínculo histórico	32
6.3	Diferenciación del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	38
6.3.1	Análisis de componentes principales (ACP)	47
6.3.2	Influencia del medio geográfico	52
6.3.3	Factor climático	64
6.4	Estudio de la influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad cirereta sobre las características del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	69
6.4.1	Granulometría	69
6.4.2	Color	70
6.4.3	Caracterización química	73
6.5	Estudio de la segunda vida útil del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	77
7	CONCLUSIONES.....	85
7.1	Diferenciación entre el <i>pebre vermell coent mallorquí</i> y el pimentón externo	85
7.2	Influencia del medio agroclimático	87
7.3	influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad cirereta sobre las características del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	87
7.4	Segunda vida útil del <i>pebre vermell coent mallorquí</i>	88
8	AGRADECIMIENTOS	88
9	BIBLIOGRAFÍA	88

LISTA DE TABLAS

TABLA 3.1 MUESTRAS DE PIMENTÓN UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.	10
TABLA 5.1. NOMENCLATURA UTILIZADA EN LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PARA DESIGNAR A LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS*.....	20
TABLA 5.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. PORCENTAJE EN PESO DE CADA FRACCIÓN. VALOR MEDIO, DESVIACIÓN E INTERVALO DE TOLERANCIA. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i>	21
TABLA 5.3. PARÁMETROS DE COLOR. VALOR DE LA MEDIA RECORTADA ($TR=0.1$), ERROR ESTÁNDAR E INTERVALO DE CONFIANZA. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i>	22
TABLA 5.4. PARÁMETROS QUÍMICOS. VALOR DE LA MEDIA RECORTADA ($TR=0.1$), ERROR ESTÁNDAR E INTERVALO DE CONFIANZA. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (CC Y CM).....	24
TABLA 5.5. TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS PIMENTONES AMPARADOS POR DOPS.	25
TABLA 5.6. COMPARACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> , Y LOS LÍMITES PERMITIDOS EN PIMENTONES CON DOP.	26
TABLA 5.7. RESULTADOS DEL TEST DE YUEN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.....	45
TABLA 5.8. ACP. COEFICIENTES DE LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.....	48
TABLA 5.9. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR LOS 10 PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES.....	49
TABLA 5.10. RESULTADOS DEL TEST DE YUEN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADO EN MALLORCA Y CULTIVADO EN LA PENÍNSULA.....	58
TABLA 5.11. ACP. COEFICIENTES DE LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS DE <i>PEBRE COENT</i> DE CIRERETA CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	61
TABLA 5.12. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	61
TABLA 5.13. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ROBUSTO DE LAS VARIANZAS (ANOVA). DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ZONAS DE MALLORCA Y LA PENÍNSULA. AÑO 2017.....	67
TABLA 5.14. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS VARIANZAS (ANOVA). DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ZONAS DE MALLORCA Y LA PENÍNSULA. AÑOS 2015-2019.	68
TABLA 5.15. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. PORCENTAJE EN PESO DE CADA FRACCIÓN. VALOR MEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> OBTENIDO CON PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN.	69
TABLA 5.16. PARÁMETROS DE COLOR. VALOR DE MEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> OBTENIDO CON PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN	70
TABLA 5.17. PARÁMETROS QUÍMICOS. VALOR DE MEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> OBTENIDO CON PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN	73
TABLA 5.18. RESULTADOS DEL ANOVA DE DOS VÍAS (VARIABLES INDEPENDIENTES: TIEMPO Y BOTE), TENIENDO EN CUENTA LAS INTERACCIONES ENTRE VARIABLES. COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS A DIFERENTES TIEMPOS.....	83
TABLA 5.19. RESULTADOS DEL TEST DE COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS (C) Y ABIERTOS (A). COMPARACIÓN ENTRE RESULTADOS A DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO (0-8 MESES).....	83
TABLA 5.20. RESULTADOS DEL TEST DE COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> ALMACENADAS DIFERENTES TIEMPOS (0-8 MESES). COMPARACIÓN ENTRE BOTES CERRADOS (C) Y ABIERTOS (A).	84
TABLA 6.1. VALORES MEDIOS, DESVIACIONES E INTERVALOS DE TOLERANCIA DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS PARA LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> Y DE PIMENTÓN EXTERNO.	85
TABLA 6.2. VALORES MEDIOS, DESVIACIONES E INTERVALOS DE TOLERANCIA DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS PARA LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADO EN MALLORCA, Y EL CULTIVADO EN LA PENÍNSULA.....	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1. IMAGEN DE LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> OBTENIDAS A PARTIR DE PIMIENTOS DE LA VARIEDAD <i>CIRERETA</i> EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN.....	12
FIGURA 3.2. IMAGEN DE LOS ENVASES CONTENIENDO LAS MUESTRAS DE PIMENTÓN PICANTE SOMETIDAS AL PROCESO DE ALMACENAMIENTO $23\pm 2^{\circ}\text{C}$	12
FIGURA 4.1. ILUSTRACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE CAJA (BOX PLOTS).	17
FIGURA 5.1. CURVA GRANULOMÉTRICA CARACTERÍSTICA DEL <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i>	22
FIGURA 5.2. CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE ASTA DE LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> FRENTE A SU CONTENIDO EN CAROTENOS TOTALES.	28
FIGURA 5.3. PIMIENTOS PICANTES (VAR. <i>CIRERETA</i>).....	30
FIGURA 5.4. PIMIENTOS PICANTES (VAR. <i>CIRERETA</i>). SECOS ENTEROS (A) Y CORTADOS POR LA MITAD (B)	31
FIGURA 5.5. CURVAS GRANULOMÉTRICAS CARACTERÍSTICAS <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> Y DEL PIMENTÓN PICANTE EXTERNO.	39
FIGURA 5.6. COLOR (ASTA).	39
FIGURA 5.7. COLOR (R/Y).	39
FIGURA 5.8. COORDENADA DE COLOR L^*	40
FIGURA 5.9. COORDENADA DE COLOR A^*	40
FIGURA 5.10. COORDENADA DE COLOR B^*	40
FIGURA 5.11. CROMA (C^*).	40
FIGURA 5.12. TONO DE COLOR (HUE*).	40
FIGURA 5.13. CONTENIDO EN HUMEDAD (%).	41
FIGURA 5.14. CENIZAS TOTALES (% SS).	41
FIGURA 5.15. CENIZAS INSOLUBLES (% SS).	41
FIGURA 5.16. GRASA (% SS).	41
FIGURA 5.17. FIBRA (% SS).	41
FIGURA 5.18. CAROTENOIDES TOTALES (PPM SS).	42
FIGURA 5.19. CAPSAICINAS TOTALES (PPM SS).	42
FIGURA 5.20. CONTENIDO EN ALUMINIO (PPM SS).	42
FIGURA 5.21. CONTENIDO EN BORO (PPM SS).	42
FIGURA 5.22. CONTENIDO EN CALCIO (PPM SS).	42
FIGURA 5.23. CONTENIDO EN COBRE (PPM SS).	42
FIGURA 5.24. CONTENIDO EN HIERRO (PPM SS).	43
FIGURA 5.25. CONTENIDO EN POTASIO (PPM SS).	43
FIGURA 5.26. CONTENIDO EN MAGNESIO (PPM SS).	43
FIGURA 5.27. CONTENIDO EN MANGANESO (PPM SS).	43
FIGURA 5.28. CONTENIDO EN SODIO (PPM SS).	43
FIGURA 5.29. CONTENIDO EN NÍQUEL (PPB SS).	43
FIGURA 5.30. CONTENIDO EN FÓSFORO (PPM SS).	44
FIGURA 5.31. CONTENIDO EN ESTRONCIO (PPM SS).	44
FIGURA 5.32. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	46
FIGURA 5.33. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES QUE PRESENTARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	47
FIGURA 5.34. CONTRIBUCIÓN DE CADA VARIABLE A LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (DIM1 Y DIM2. ACP. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	48
FIGURA 5.35. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE PRINCIPAL. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	49
FIGURA 5.36. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	50
FIGURA 5.37. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS.	51
FIGURA 5.38. CURVAS GRANULOMÉTRICAS CARACTERÍSTICAS DEL <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADO EN MALLORCA Y CULTIVADO EN LA PENÍNSULA.	52

FIGURA 5.39. COLOR (ASTA).	53
FIGURA 5.40. COLOR (R/Y).	53
FIGURA 5.41. COORDENADA DE COLOR L*.	53
FIGURA 5.42. COORDENADA DE COLOR A*.	53
FIGURA 5.43. COORDENADA DE COLOR B*.	53
FIGURA 5.44. CROMA (C*).	54
FIGURA 5.45. TONO DE COLOR (HUE*).	54
FIGURA 5.46. CONTENIDO EN HUMEDAD (%).	54
FIGURA 5.47. CENIZAS TOTALES (% SS).	54
FIGURA 5.48. CENIZAS INSOLUBLES (% SS).	54
FIGURA 5.49. GRASAS (% SS).	55
FIGURA 5.50. FIBRA (% SS).	55
FIGURA 5.51. CAROTENOIDES TOTALES (PPM SS).	55
FIGURA 5.52. CAPSAICINAS (PPM SS).	55
FIGURA 5.53. CONTENIDO EN ALUMINIO (PPM SS).	55
FIGURA 5.54. CONTENIDO EN BORO (PPM SS).	55
FIGURA 5.55. CONTENIDO EN CALCIO (PPM SS).	56
FIGURA 5.56. CONTENIDO EN COBRE (PPM SS).	56
FIGURA 5.57. CONTENIDO EN HIERRO (PPM SS).	56
FIGURA 5.58. CONTENIDO EN POTASIO (PPM SS).	56
FIGURA 5.59. CONTENIDO EN MAGNESIO (PPM SS).	56
FIGURA 5.60. CONTENIDO EN MANGANESO (PPM SS).	56
FIGURA 5.61. CONTENIDO EN SODIO (PPM SS).	57
FIGURA 5.62. CONTENIDO EN NIQUEL (PPB SS).	57
FIGURA 5.63. CONTENIDO EN FÓSFORO (PPM SS).	57
FIGURA 5.64. CONTENIDO EN ESTRONCIO (PPM SS).	57
FIGURA 5.65. CONTENIDO EN ZINC (PPM SS).	57
FIGURA 5.66. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	59
FIGURA 5.67. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES QUE PRESENTARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADO EN MALLORCA Y CULTIVADO EN LA PENÍNSULA.	60
FIGURA 5.68. ACP. CONTRIBUCIÓN DE CADA VARIABLE A LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (DIM1 Y DIM2). MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	61
FIGURA 5.69. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE PRINCIPAL. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> DE CIRERETA CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	62
FIGURA 5.70. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	62
FIGURA 5.71. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT</i> CULTIVADAS EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA.	63
FIGURA 5.72. TEMPERATURA MÍNIMA (°C). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	64
FIGURA 5.73. TEMPERATURA MÁXIMA (°C). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	64
FIGURA 5.74. HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA (%). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	65
FIGURA 5.75. HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA (%). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	65
FIGURA 5.76. PRECIPITACIÓN ACUMULADA POR MES (MM). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	65
FIGURA 5.77. RADIACIÓN (KJ/M ²). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑOS 2017-2019.	66
FIGURA 5.78. INSOLACIÓN (H). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑO 2017.	66
FIGURA 5.79. NUBOSIDAD TOTAL (OCTAVOS). MEDIA DIARIA (ENTRE 7, 13 Y 18 H). ZONAS DE CULTIVO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. AÑO 2017.	66
FIGURA 5.80. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> OBTENIDO CON PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN.	70
FIGURA 5.81. COLOR (ASTA).	72
FIGURA 5.82. COLOR (R/Y).	72
FIGURA 5.83. COORDENADA DE COLOR L*.	72

FIGURA 5.84. COORDENADA DE COLOR A* .	72
FIGURA 5.85. COORDENADA DE COLOR B* .	72
FIGURA 5.86. CROMA (C*) .	73
FIGURA 5.87. TONO DE COLOR (HUE*) .	73
FIGURA 5.88. CONTENIDO EN HUMEDAD (%) .	74
FIGURA 5.89. CENIZAS TOTALES (% SS) .	74
FIGURA 5.90. CENIZAS INSOLUBLES (% SS) .	74
FIGURA 5.91. GRASA (% SS) .	75
FIGURA 5.92. FIBRA (% SS) .	75
FIGURA 5.93. CAROTENOIDES TOTALES (PPM SS) .	75
FIGURA 5.94. CAPSAICINAS TOTALES (PPM SS) .	75
FIGURA 5.95. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR L* DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	79
FIGURA 5.96. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR A* DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	79
FIGURA 5.97. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR B* DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	80
FIGURA 5.98. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR C* DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	80
FIGURA 5.99. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR HUE DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	80
FIGURA 5.100. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO DE COLOR ΔE DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	81
FIGURA 5.101. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO ASTA DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	81
FIGURA 5.102. EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN ROJO/AMARILLO (R/Y) DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	81
FIGURA 5.103. EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE OSCURECIMIENTO DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	82
FIGURA 5.104. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN CAPSAICINAS (PPM SS) DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN MUESTRAS ALMACENADAS EN BOTES CERRADOS Y ABIERTOS .	82
FIGURA 6.1. REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO EN GRASA FRENTE A LA VARIABLE DE COLOR CROMA* PARA LAS MUESTRAS DE <i>PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ</i> Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS .	86

1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La producción, elaboración y comercialización de productos agrícolas y alimentarios tiene un papel importante en la economía de la Unión Europea y en el caso concreto de las denominaciones de origen y las indicaciones geográficas ha sido necesario adoptar una política comunitaria común. Mediante el Reglamento (UE) nº 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, se estableció un conjunto de normas comunitarias que facilita el reconocimiento de nuevas indicaciones geográficas y denominaciones de origen. Este marco normativo garantiza unas condiciones de competencia leal entre los elaboradores que se benefician de estas indicaciones y hace que estos productos disfruten de una mayor credibilidad por parte de los consumidores.

El ámbito de aplicación del citado Reglamento se limita a productos agrícolas y alimentarios para los que se demuestre la existencia de un vínculo entre sus características y su origen geográfico.

El ámbito de aplicación del presente Reglamento tiene que limitarse a los productos agrícolas y alimenticios respecto de los cuales exista un vínculo entre sus características y su origen geográfico. Los productos agrícolas o alimentarios que se benefician de tal descripción tienen que cumplir una serie de condiciones especificadas en un pliego de condiciones.

Se entenderá por "**denominación de origen**" un nombre que identifica un producto:

- originario de un lugar determinado, una región o, excepcionalmente, un país;
- cuya calidad o características se deben fundamental o exclusivamente a un medio geográfico particular, con los factores naturales y humanos inherentes a él, y
- cuyas fases de producción tengan lugar en su totalidad en la zona geográfica definida.

Se entenderá por "**indicación geográfica**" un nombre que identifica un producto:

- originario de un lugar determinado, una región o un país,
- que posea una cualidad determinada, una reputación u otra característica que pueda esencialmente atribuirse a su origen geográfico, y
- de cuyas fases de producción, una al menos tenga lugar en la zona geográfica definida.

En el momento actual están reconocidas en Europa tres Denominaciones de Origen Protegida españolas relacionadas con el pimentón:

- "Pimentón de la Vera", que ampara tres tipos diferentes de pimentón según su sabor, uno de ellos denominado Pimentón picante, elaborado con las variedades Jeromín, Jariza y Jaranda;
- "Pimentón de Murcia", pimentón dulce elaborado con la variedad Bola.
- "Pebre Bord de Mallorca/Pimentón de Mallorca" que fue inscrito en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas (Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1393 de la Comisión de 29 de septiembre de 2020). Ampara el pimentón obtenido a partir de la variedad autóctona tap de cortí.

En el resto de Europa existen además otras DOPs de pimentón:

- «Paprika Žitava»/«Žitavská paprika», pimentón dulce de la llanura del Danubio, en Eslovaquia;
- «Piment d'Espelette»/«Piment d'Espelette-Ezpeletako Biperra», pimentón picante obtenido a partir de pimientos de la variedad Gorria (o similar) en Francia;

- «Kalocsai fűszerpaprika-őrlemény», en Hungría, que puede ser elaborado a partir de 17 variedades diferentes de pimiento, y que ampara pimentón con diferentes grados de picante, dependiendo del contenido en capsaicina: dulce, si el contenido de esta sustancia es inferior a los 30 mg/kg, si se sitúa entre los 30 y los 200 mg/kg, el pimentón es moderadamente picante, si se sitúa entre 200 y 500 mg/kg es picante, y si supera los 500 mg/kg es muy picante.
- «Szegedi fűszerpaprika-őrlemény», también en Hungría, que puede ser elaborado a partir de 19 variedades diferentes de pimiento, y que ampara pimentón con diferentes grados de picante, dependiendo del contenido en capsaicina: dulce, si el contenido de esta sustancia es inferior a los 100 mg/kg; si oscila entre 100 y 200 mg/kg, el pimentón molido tendrá un sabor moderadamente picante; si es superior a 200 mg/kg, tendrá un sabor picante.

Con el objeto de analizar el potencial del *pebre vermell coent mallorquí* en vistas a un futuro reconocimiento de su calidad a nivel europeo, en este proyecto se ha caracterizado dicho producto, especialmente en los aspectos relativos a sus características diferenciales respecto a otros semejantes; estudiando su posible vinculación con el medio geográfico y/o a la influencia del factor humano relacionado con su elaboración.

2 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es analizar la calidad y las características diferenciales del *pebre vermell coent de Mallorca* y la vinculación de esta denominación con la isla de Mallorca. Concretamente, se analizará si este producto, cumple con las condiciones especificadas en el Reglamento (UE) nº 1151/2012. Para ello se pretende llevar a cabo el estudio de los siguientes aspectos:

- Descripción de las principales características físicas, químicas y sensoriales del producto. Obtención del valor medio, desviación estándar e intervalos de tolerancia de cada parámetro.
- Establecer, si es posible, mediante fuentes bibliográficas la vinculación del nombre tradicional con Mallorca.
- Establecer, si es posible, aquellos elementos que justifiquen el vínculo entre la calidad, la reputación o una característica determinada del producto y el origen geográfico (característica diferencial debida al terroir).

En definitiva, se pretende dotar a los productores, si los resultados así lo permiten, de un documento que sirva como aval científico para la solicitud de una DOP/IGP.

Adicionalmente:

- Se estudiará la influencia del estado de maduración del *pebre de Cirereta* sobre el color y el contenido en capsaicinas del *pebre vermell coent de Mallorca*, y
- Se evaluará la estabilidad del *pebre vermell coent de Mallorca* durante el almacenamiento en vistas a disponer de información que contribuya al establecimiento de una fecha de consumo preferente.

3 EQUIPO INVESTIGADOR

Investigadora responsable: Dra. Susana Simal Florindo, catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Investigadores:

Dra. Carmen Rosselló Matas, catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Dr. Antoni Femenia Marroig, catedrático de Ingeniería Química de la UIB.

Dra. Valeria Eim, Investigadora Contratada doctora de Ingeniería Química de la UIB

4 PLANIFICACIÓN EXPERIMENTAL

El pimiento (*capsicum annuum* L.) de la variedad denominada *cirereta* o *full d'olivera*, utilizado para la elaboración del *pebre coent*, es un producto estacional y por tanto solo se dispuso de materia prima durante algunos meses (entre los meses de octubre y noviembre). En el marco del presente estudio, se han utilizado diferentes tipos de muestra: *pebre vermell coent* (variedad Cirereta) procedente de plantales seleccionados por el IRFAP, de origen Mallorca y cultivados tanto en Mallorca como en la península, *pebre vermell coent* (variedad Cirereta) comercial de origen Mallorca y pimentón picante comercial de diferentes variedades y procedencias.

4.1 Tipos de muestras

Muestras cultivadas en condiciones controladas

Con la colaboración del IRFAP y de la *Associació pel Foment del Pebre de Mallorca*, se realizó la selección de semillas y se sembraron los plantales con las semillas seleccionadas. Las plantas fueron sembradas en las fincas colaboradoras de Mallorca y de la península (Comunidad Valenciana). Técnicos del IRFAP definieron las condiciones de siembra y de cultivo que se correspondían con las habituales de las empresas colaboradoras de la isla de Mallorca. Concretamente, se ha trabajado con:

- 6 Muestras de pimiento de la variedad *cirereta* cultivadas en condiciones controladas en Mallorca en 3 fincas colaboradoras (muestras CM).
- 6 Muestras de pimiento de la variedad *cirereta* cultivadas en condiciones controladas en la Península, en las zonas de L'Horta (Valencia), Soneja (Castellón) y Jávea (Alicante) (muestras CP).

Para la obtención del *pebre vermell coent* evitando diferencias debidas al método de secado, todas las muestras se se procesaron en las instalaciones de una de las empresas colaboradoras, en las siguientes condiciones:

- Secado en horno doméstico a 50°C y función ventilador.
- Molturación con un molinillo de café electrónico de alta potencia "SOGO SS-550" con dos pasadas y tamizado a 0.4 mm.

Después del secado, todas las muestras de *pebre vermell coent* fueron remitidas directamente a los laboratorios de la UIB.

Muestras comerciales

Se trata de muestras comerciales de pimentón picante, tanto de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca elaborado con la variedad *cirereta*, como de otras variedades de pimentón picante cultivadas fuera de Mallorca, adquiridas todas ellas en mercados locales o suministradas directamente por los productores mallorquines.

- 3 Muestras comerciales de *pebre vermell coent de Mallorca* (muestras CC)
- 4 Muestras de pimentón picante comerciales cultivadas fuera de Mallorca (muestras EXT).

Todas las muestras fueron remitidas por la *Associació pel Foment del Pebre de Mallorca* o por las empresas colaboradoras directamente a los laboratorios de la UIB.

Muestras obtenidas a partir de pimientos en diferentes estados de maduración

Se trata de 4 muestras de *pebre vermell coent* elaborado en Mallorca con pimientos de la variedad *cirereta*, recolectados en diferentes estados de maduración y suministradas directamente por una empresa colaboradora (muestras CMad).

Muestras para el estudio de la segunda vida útil

Se trata de una muestra de *pebre vermell coent* elaborado en Mallorca con pimientos de la variedad *cirereta*, suministrada directamente por una empresa colaboradora (muestra C2V).

4.2 Nomenclatura

Para designar las muestras de pimentón se ha utilizado la nomenclatura que se muestra en la siguiente tabla, dependiendo de si se trata de muestras de cultivo controlado o comerciales, de la variedad de pimiento utilizado para su elaboración (*cirereta* u otro) y su lugar de cultivo: Mallorca, península y fuera de mallorca (externo).

Tabla 4.1 Muestras de pimentón utilizadas en el estudio.

CÓDIGO	TIPO DE MUESTRA	VARIEDAD	ZONA DE CULTIVO	NÚM. MUESTRAS
CC	Comercial	<i>cirereta</i>	Mallorca	3
CM	Cultivo controlado	<i>cirereta</i>	Mallorca	6
CP	Cultivo controlado	<i>cirereta</i>	Península	6
EXT	Comercial	otras	Externo	4
CMad	Comercial	<i>cirereta</i>	Mallorca	4
C2V	Comercial	<i>cirereta</i>	Mallorca	1

Todas las muestras fueron envasadas en ausencia de aire y conservadas a 20°C en oscuridad hasta su análisis.

La planificación experimental se dividió en cinco bloques, correspondientes a los cinco objetivos principales del estudio.

4.3 Diseño experimental

4.3.1 Estudio de caracterización y diferenciación del pebre coent mallorquí

Para la realización de este estudio se han utilizado las siguientes muestras:

- Muestras de *pebre vermell coent mallorquí*: se caracterizaron 9 muestras cultivadas en Mallorca y recién elaboradas (6 de cultivo controlado y 3 comerciales obtenidas de acuerdo a las pautas habituales de cada empresa colaboradora) (muestras CM y CC).
- Muestras de pimentón picante: se caracterizaron 4 muestras de pimentón picante comerciales cultivadas fuera de Mallorca (muestras EXT).

Todas las muestras fueron sometidas a determinaciones analíticas para su caracterización físico-química y sensorial. Asimismo, se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante:

- Aplicación de técnicas estadísticas univariadas para establecer los valores medios e intervalos de confianza para cada parámetro físico-químico de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*.
- Aplicación de técnicas estadísticas univariable y multivariable para evaluar la existencia de diferencias significativas entre ambos conjuntos de muestras, las de *pebre vermell coent mallorquí*, y las de pimentón picante externo.

4.3.2 Estudio del vínculo con el medio geográfico, histórico, cultural y reputación

Con el objeto de estudiar el vínculo con el medio geográfico se realizaron cultivos de los mismos planteles de pimiento de la variedad *cirereta*, en condiciones controladas. Concretamente:

- Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en Mallorca (CM)
- Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en la Península (CP)

Todas las muestras fueron sometidas a determinaciones analíticas para su caracterización físico-química.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se ha realizado en base a la aplicación de técnicas estadísticas univariable y multivariables para evaluar si las muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca presenta características diferenciales significativas respecto a la misma variedad cultivada en la península.

4.3.3 Estudio de la influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad *cirereta* sobre las características del pebre vermell coent mallorquí

Con el objeto de estudiar la influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad *cirereta* sobre las características del *pebre vermell coent mallorquí*, la empresa colaboradora recolectó, secó, molturó y envasó muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (4 muestras) a partir de pimientos de la variedad *cirereta* en diferentes estados de maduración. Estas muestras se clasificaron según el estado de maduración del pimiento en: poco maduros (CMad1), maduración media (CMad2), maduros (CMad3) y muy maduros (CMad4). La Figura 4.1. Imagen de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenidas a partir de pimientos de la variedad *cirereta* en diferentes estados de maduración. Figura 4.1 muestra una imagen fotográfica de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenidas a partir de pimientos de la variedad *cirereta* en diferentes estados de maduración.



Figura 4.1. Imagen de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenidas a partir de pimientos de la variedad *cirereta* en diferentes estados de maduración.

Todas las muestras fueron sometidas a determinaciones analíticas para su caracterización físico-química.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó en base a la aplicación de técnicas estadísticas univariable y multivariables para evaluar si el *pebre vermell coent mallorquí* presentó características diferenciales significativas dependiendo del estado de maduración del pimiento.

4.3.4 Estudio de la segunda vida útil del *pebre vermell coent mallorquí*

Con el objeto de estudiar la segunda vida útil del *pebre vermell coent mallorquí*, una muestra suministrada por la empresa colaboradora envasada en el formato utilizado habitualmente por la empresa (Figura 4.2), se conservó a temperatura controlada ($23\pm 2^\circ\text{C}$) durante 8 meses. La muestra se dividió en dos lotes:

- Lote C: los envases permanecieron cerrados durante el tiempo de almacenamiento.
- Lote A: los envases se desprecintaron al inicio del almacenamiento para permitir el contacto con el aire y se vació el 40 % de su contenido. El contenido de los envases se agitó diariamente durante 15 s para simular el uso doméstico del producto y facilitar el contacto con el aire.



Figura 4.2. Imagen de los envases conteniendo las muestras de pimentón picante sometidas al proceso de almacenamiento $23\pm 2^\circ\text{C}$.

En ambos lotes, se llevaron a cabo determinaciones periódicas de color (CIELab, grados ASTA e índice de oscurecimiento) y contenido en capsaicinas.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se describen los métodos utilizados para la caracterización física, química y sensorial, así como para los análisis estadísticos realizados.

5.1 Caracterización física

5.1.1 Granulometría

Se llevó a cabo un análisis de la granulometría de las muestras. Mediante una tamizadora electromagnética digital (marca Filtra mod. IRIS FTL-0300) se llevó cabo la separación granulométrica mecánica, utilizando tamices de diferentes mallas (0.09, 0.180, 0.335, 0.500, 0.710 y 1.000 mm). Se utilizaron 50 g de muestra para cada ensayo. Las medidas se realizaron por triplicado.

Los resultados se expresan en porcentaje en masa de las diferentes fracciones:

Fracción 1	Fracción 2	Fracción 3	Fracción 4	Fracción 5	Fracción 6	Fracción 7
<0.090	(0.180-0.090]	(0.355-0.180]	(0.500-0.355]	(0.710-0.500]	(1.000-0.710]	≥1.000

5.1.2 Color

Para evaluar el color de las muestras se determinaron los grados ASTA, la relación R/Y (Rojo/amarillo) y las coordenadas de color CIELab*.

Los grados **ASTA** se determinaron mediante el método oficial AOAC 30.002. Se pesan exactamente 0.1 g de pimentón y se transfieren a un Erlenmeyer de 50 ml, se añaden 20 ml de acetona y se agita durante 3 h a 25°C al abrigo de la luz. El extracto se diluye 1/5 con acetona. Se mide la absorbancia a 460 nm (A_{460}) en un espectrofotómetro UV-Vis (2401PC, SHIMADZU CORPORATION, Japón) utilizando acetona como blanco y se calculan los grados ASTA utilizando la Ecuación 5.1. Las medidas se realizaron por triplicado.

Ecuación 5.1

$$\text{Grados ASTA} = \frac{A_{460} \times 16.4}{\text{Peso(g)}}$$

El parámetro **R/Y** se ha determinado como relación entre las absorbancias medidas a 470 y 455 nm (A_{470}/A_{455}) sobre los mismos extractos en acetona utilizados en la determinación de los grados ASTA.

La medida instrumental de color se realizó en coordenadas **CIELab* (L^* , a^* y b^*)** con un colorímetro Konica Minolta Spectrophotometer CM5 con abertura de 30 mm, iluminante D65 y componente especular excluido, empleando un observador con un ángulo de 10°. Las medidas se realizaron por triplicado. Además, se calcularon la clave de color o croma (C^*) (Ecuación 5.2) y el tono de color (hue*) (Ecuación 5.3). Para evaluar los cambios de color durante el almacenamiento, se utilizó también el parámetro ΔE (Ecuación 5.4).

Ecuación 5.2

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Ecuación 5.3

$$\text{hue}^* = \arctan \left[\frac{b^*}{a^*} \right]$$

Ecuación 5.4

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2}$$

5.1.3 Índice de oscurecimiento (IO)

Se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Topuz, Feng, & Kushad, (2009). Se pesan 0.1 g de pimentón en un erlenmeyer, se añaden 50 ml de agua y se cubre con papel de aluminio. Se agita durante 2 h a 140 rpm y 25°C. Después de centrifugar 10 min a 8000 rpm y filtrar con filtros de 0.45 µm PTFE, se mide la absorbancia a 420 nm.

5.2 Caracterización química

5.2.1 Contenido en humedad

Se determinó el contenido en humedad siguiendo el método nº 934.06 de la AOAC (1990). Unos 5 g de muestra, pesados exactamente, se llevan hasta peso constante, manteniendo la temperatura de la estufa de vacío por debajo de 65°C, para evitar pérdidas de peso por descomposición de los azúcares. Las medidas se realizaron por triplicado.

5.2.2 Contenido en cenizas

Se determinó el contenido en cenizas totales y cenizas insolubles según norma UNE-ISO 928:2009. Se pesan exactamente 2-2.5 g de muestra, se secan en estufa a 100°C y luego se calcinan en mufla a 550°C hasta obtener cenizas albas o levemente grisáceas.

Para determinar las cenizas insolubles, se adicionan 25 ml HCl al 10% sobre las cenizas obtenidas en el proceso anterior, se calienta al baño María durante 5 min, se filtra y enjuaga con agua tibia hasta obtener un filtrado libre de cloruros (se agregan gotas de HNO₃ y AgNO₃ 0.1N hasta que no se observa precipitado), y se calcina el filtro en mufla a 520°C.

5.2.3 Extracto etéreo

La extracción de la fracción grasa se llevó a cabo sobre 2.5-3 g de muestra, mediante éter de petróleo 40-60 °C, utilizando un equipo semiautomático Soxtec System HT, 1043 Extraction unit, Tecator, y eliminación del disolvente por evaporación, secado de la grasa y posterior pesada (ISO-1108:1992).

5.2.4 Contenido en fibra

El residuo insoluble en alcohol (AIR) se determinó a partir del residuo sólido desgrasado que queda después del análisis de extracto etéreo. Se pesa 1.0±0.5 g de residuo y se añade 25 ml de etanol 85%, se homogeneiza mediante un Ultraturrax (Diox 600, Heidolph, Alemania) durante 1 min a 13,000 rpm. Se hierve la muestra en etanol al 85% durante 5 min para inactivar enzimas, y se homogeneiza nuevamente con Ultraturrax durante 2-3 min. La solución se filtra al vacío utilizando filtros Whatman GF/C (filtro de microfibra de vidrio, libre de celulosa). El filtrado se descarta y el residuo se suspende nuevamente en 15 ml de etanol al 85%. Esta operación se repite con etanol absoluto y acetona. El disolvente se evapora a temperatura ambiente, dejando un residuo insoluble en alcohol, formado mayoritariamente por los polisacáridos que forman las paredes celulares del pimentón.

5.2.5 Contenido en carotenoides totales

El contenido en carotenoides totales se ha determinado según la metodología adaptada para pimentón por Alasalvar, Al-Farsi, Quantick, Shahidi, & Wiktorowicz, (2005) con algunas modificaciones. Se pesan exactamente 0.1 g de pimentón y se transfieren a un erlenmeyer de 50 ml, se añaden 20 ml de acetona y se agita a 140 rpm durante 3 h a 25°C al abrigo de la luz. El extracto se diluye 1/5 con acetona se mide a la longitud de onda (de unos 450 nm) a la que la absorbancia sea máxima; en el presente estudio se midió a 454 nm mediante espectrofotómetro UV-Vis (2401PC, Shimadzu Corporation, Japón), frente a un blanco de acetona. La cuantificación se realizó mediante una recta de calibrado a partir de estándar de β -caroteno (0-9.0 ppm).

5.2.6 Contenido en capsaicinas

El contenido en capsaicinas se ha determinado según la metodología adaptada para pimentón por Topuz et al., (2009) con algunas modificaciones. La extracción de las capsacinas se realiza con 10 ml de acetonitrilo sobre 0.40±0.05 g de muestra, se agita durante 30 min a 40 °C. Se centrifuga durante 10 min a 4000 rpm (ALC 4218, Italia), 2 ml de sobrenadante se filtra con filtro de membrana de 0.45 μ m y se introduce en un vial de vidrio para su posterior inyección en HPLC. Se utilizó un equipo HPLC Waters 717 plus autosampler, que cuenta con los siguientes módulos: Bomba HPLC 600; detector de fluorescencia 2475 y software Empower.

La separación cromatográfica se realizó con una columna Waters C18 (39 ×155 mm) a temperatura ambiente. Se utilizó un método isocrático, utilizando como disolventes acetonitrilo puro (Solvente A) y acetonitrilo al 10% (Solvente B) ajustando el flujo a 1.2 ml/min. La longitud de onda de excitación utilizada fue a 280 nm, recogiénose la emisión a una longitud de onda de 310 nm. El volumen de inyección fue de 10 μ l y el tiempo de la separación cromatográfica de 15 min. La identificación y cuantificación se realizó mediante una recta de calibrado a partir de estándar de capsacina en el rango de 0-100 ppm (95% Sigma Aldrich).

5.2.7 Contenido en elementos minerales

Se determinó el análisis elemental cuantitativo de los siguientes elementos minerales: Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Sr y Zn según el protocolo propuesto por Palacios-Morillo, Jurado, Alcázar, & de Pablos, (2014), basado en la determinación de elementos por aplicación de la técnica de espectroscopia de Plasma ICP-OES. Para ello se empleó un Espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente PERKIN ELMER Optima 5300 DV con una frecuencia de 40 MHz; potencia, 1.3 kW; antorcha de cuarzo desmontable, Ar/Ar/Ar; gas de plasma Ar 15.0 l/min; gas auxiliar Ar 0.2 l/min; gas nebulizador Ar 0.7 l/min; nebulizador (Gem Come High Dissolved Solids Nebulizer) acoplado a una cámara de nebulización ciclónica; caudal de la muestra, 1.5 ml/min. Se prepararon seis soluciones de patrón multielemental en el rango de concentración comprendido entre 0.5-5.0 mg/L de Al, 0.05-0.5 mg/L de B, 8-80 mg/L de Ca, 0.1-1.0 mg/L de Cu, 0.9-9.0 mg/L de Fe, 10-100 mg/L de K, 8-80 mg/L de Mg, 0.1-1.0 mg/L de Mn, 2-20 mg/L de Na, 0.005-0.05 mg/L de Ni, 10-100mg/L de P, 0.12-12 mg/L de Sr y 0.15-1.5 de Zn; a partir de patrones de cada elemento mineral de 1000 mg/L (Sigma-Aldrich). De Cada elemento se midió a las longitudes de onda habituales y se seleccionó el tipo radial (r) o axial (a) según la calidad de la señal: Al 396.153a, B 249.677a, Ca 315.887r, Cu 324.752a, Fe 239.562r, K 766.490a, Mg 285.213r, Mn 257.610a, Na 589.592a, Ni 231.604r, P 213.617r, Sr421.552a y Zn 213.857r.

La preparación de la muestra consistió en pesar 1 g de pimentón y seguidamente obtener las cenizas según la metodología descrita en el apartado 4.2.2. Las cenizas obtenidas se disolvieron en 50 ml de HNO₃ 1% y se filtraron (0.45 μ m). Todas las determinaciones se realizaron, al menos, por triplicado.

5.3 Caracterización sensorial

Con el apoyo del jurado de cata de l'Associació pel Foment dels Aliments de les Illes Balears (AFAIB), se procedió a describir las características sensoriales del *pebre vermell coent mallorquí*. Los análisis visual y olfativo se han llevado a cabo directamente sobre muestra colocada en el interior de una placa de Petri. Para el análisis sensorial en boca, se han seguido las indicaciones de la norma UNE 87-015-86 (ISO 5497), mezclando muestra de *pebre vermell coent mallorquí* con puré de patata en proporción variable dependiendo de la intensidad del picante.

5.4 Datos climatológicos

Para evaluar la influencia del factor climático sobre el cultivo del pimiento de cirereta, se solicitaron a la Agencia Estatal de Meteorología, los datos meteorológicos correspondientes a los meses de junio a noviembre de los años 2017 a 2019.

5.5 Tratamiento estadístico de datos

Para llevar a cabo el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos para cada muestra respecto a las variables físicas y químicas, así como para las variables climatológicas, se ha usado el software R (R Core Team 2020).

Se han utilizado los paquetes de R (por orden alfabético):

- car (Fox & Weisberg, 2018)
- corrplot (Wei & Simko, 2016)
- factoMineR (Lê, Josse, & Husson, 2008)
- factoextra (Kassambara & Mundt, 2020)
- fBasics (Wuertz et al. 2020)
- robustbase (Maechler et al., 2015)
- WRS2 (Mair & Wilcox, 2020)

5.5.1 Análisis univariante

En primer lugar, para cada variable estudiada en cada una de las muestras, se examinó si la distribución de los datos era **normal** mediante el test de Shapiro-Wilk (función `shapiro.test` de R). Si las distribuciones no fueron normales, en lugar de la media y la desviación estándar, se calcularon la **media recortada** (función `mean` con `tr=0.1`), el **error estándar** de la media recortada (función `trimse`), y los **intervalos de confianza** ($\alpha=0.05$) (función `trimci`) utilizando el paquete WRS2 de R (Mair & Wilcox, 2020).

Para visualizar las diferencias entre grupos de muestras, los resultados se representaron en forma de **diagramas de caja** (box plots). Para ello, se ha empleado la función `adjbox` del paquete `robustbase` de R, que produce diagramas de caja ajustados para distribuciones asimétricas (Hubert & Vandervieren, 2008). Un diagrama de caja es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes". Para ilustrar este tipo de representación se presenta la Figura 5.1. Ilustración de los diagramas de caja (box plots). Los extremos superior e inferior de la caja representan en azul, los percentiles 25 (Q1) y 75 (Q3) respectivamente; la línea roja es la mediana y las líneas por encima y por debajo de las cajas representan la amplitud intercuartil (IQR), variable que indica la dispersión de las medidas. El intervalo intercuartil (IQR) corresponde al valor (Q3-Q1). Para dibujar las líneas que se extienden desde la caja (bigotes), hay que calcular los límites mínimo (Q1 - 1.5 IQR) y máximo (Q3 + 1.5 IQR), a partir de los cuales se identifican los valores atípicos (outliers) (marcados con una cruz roja) que corresponden a los valores inferiores al mínimo o superiores al máximo. En un diagrama de

cajas ajustado, los extremos de la caja y los bigotes se calculan utilizando el método medcouple (medida robusta de asimetría) mediante la diferencia de la mediana escalada entre la mitad inferior y superior de la distribución.

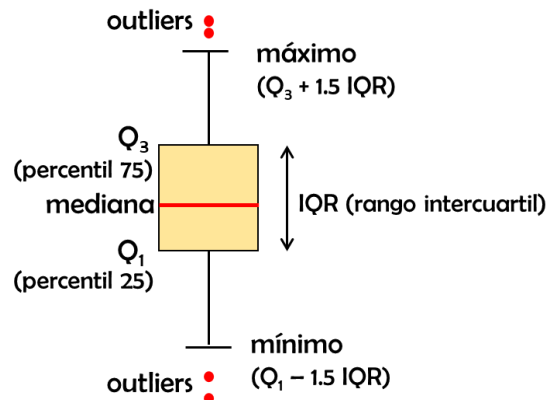


Figura 5.1. Ilustración de los diagramas de caja (box plots).

Para evaluar la homogeneidad en las varianzas (**homocedasticidad**) entre grupos se empleó el test de Levene (función `leveneTest` del paquete `car` de R) o el test de Fligner-Killeen (función `fligner.test` del paquete `fBasics` de R) en los casos en que los datos se desviaron de la normalidad.

Para evaluar la existencia de **diferencias significativas** entre muestras respecto a una variable, se utilizaron diferentes métodos.

- Si las distribuciones fueron normales y las varianzas homogéneas, se utilizaron métodos paramétricos; se empleó el test de la *t* de Student (función `t.test` de R) para comparar entre dos muestras, o un ANOVA (función `aov` de R) seguido de un test de Tuckey (función `TukeyHSD` de R) basado en la distribución de Student, con un nivel de significación del 95%, en caso de comparar más de dos muestras.
- Cuando las distribuciones no fueron **normales**, pero las varianzas fueron **homogéneas**, se utilizaron métodos NO paramétricos; se utilizó el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (WMW, también llamada prueba de la U de Mann-Whitney o prueba de suma de rangos Wilcoxon) para comparar entre dos muestras (función `wilcox.test` de R), o el test de Kruskal Wallis (ANOVA no paramétrico) (función `kruskal.test` de R) seguido del test de Pairwise Wilcoxon (función `pairwise.wilcox.test` de R), en caso de comparar más de dos muestras.
- En el caso de observar **heterocedasticidad** (heterogeneidad entre varianzas), se utilizaron métodos **robustos**. Se utilizó el test robusto de **Yuen** (Yuen, 1974) (función `yuen` del paquete `WRS2` de R), un test estadístico capaz de detectar diferencias significativas entre dos grupos utilizando medias α -recortadas. El test de Yuen se considera una alternativa a las pruebas de la *t* de Student y U de Mann-Whitney para tamaños muestrales pequeños y distribuciones no normales (Ramalle-Gómara & Andrés de Llano, 2003). La medición del tamaño del efecto se lleva a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por Wilcox and Tian (2011), que no requiere varianzas iguales. Los valores de 0.10, 0.30 y 0.50 corresponden a tamaños de efectos pequeños, medianos y grandes, respectivamente. Para comparar entre más de dos grupos, se utilizaron las funciones `t1way`, `t2way` y `t3way` del paquete `WRS2` de R para realizar **ANOVAs robustos** para medias recortadas y heterocedasticidad, de una, dos o tres vías, seguidos de un test post-hoc de comparaciones múltiples mediante la función `lincon` (paquete `WRS2` de R) para medias recortadas.

5.5.2 Análisis multivariable

Como técnicas de análisis multivariable, se emplearon la **matriz de correlaciones** y el **análisis de componentes principales** (ACP).

La matriz de correlaciones es una tabla de doble entrada, que muestra el coeficiente de correlación entre cada pareja de variables (valor comprendido entre -1 y 1). Cuanto más cercano a la unidad (en valor absoluto) sea el coeficiente de correlación, mayor es la correlación existente entre ambas variables.

La correlación de Pearson no es robusta. Los valores atípicos pueden enmascarar una fuerte asociación entre la mayor parte de los datos e incluso, una ligera desviación de la normalidad, puede dejarlo sin sentido (Wilcox 2017). En el presente estudio se ha llevado a cabo el estudio de la correlación entre las variables mediante la función `pbll` del paquete `WRS2` de R, un método robusto para obtener una medida de la asociación lineal entre dos variables protegiendo contra el impacto nocivo de los valores atípicos. Cuando las distribuciones son normales, proporciona prácticamente los mismos valores que Pearson.

Para visualizar los resultados de la matriz de correlaciones, se utilizó la función `corrplot` del paquete `corrplot` de R, usando una representación de círculos para indicar los valores de las correlaciones entre variables, o de números, indicando el valor del coeficiente de correlación. Las correlaciones positivas se muestran en azul y las negativas en rojo. La intensidad del color y el tamaño del círculo son proporcionales a los coeficientes de correlación. Se agruparon las variables en la representación según los resultados de los coeficientes de correlación (función `hclust` de R) y se dejaron en blanco las intersecciones con coeficientes de correlación no significativos ($p > 0.05$).

En un conjunto de datos, determinadas variables pueden estar relacionadas entre ellas puesto que más de una variable puede estar midiendo el mismo efecto o comportamiento del sistema. Esta redundancia de información se puede simplificar mediante el análisis de componentes principales (ACP). El ACP es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia. Se genera un nuevo grupo de variables (componentes principales) cada una de las cuales es combinación lineal de las variables originales y que en conjunto forman una base ortogonal (evitar información redundante). El ACP no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos.

Del conjunto de variables analizadas, se seleccionaron para el ACP, aquellas que mostraron ser significativamente diferentes entre muestras. Cuando todas las variables están en la misma zona de la escala, se puede realizar el ACP directamente sobre ellas. Si están en diferentes órdenes de magnitud o sus varianzas son muy diferentes, se estandarizan previamente los datos utilizando por ejemplo la inversa de la varianza. El ACP se llevó a cabo utilizando la función `PCA` del paquete `FactoMineR` de R, escalando las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen un peso equivalente en el análisis.

Para visualizar los resultados del ACP se utilizaron funciones del paquete `factoextra` de R:

- **función `fviz_eig`**, que permite extraer y visualizar los valores propios y la varianza explicada por cada dimensión mediante un scree plot
- **función `fviz_contrib`**, para evaluar la contribución de cada variable a cada una de las dimensiones o componentes principales
- **función `fviz_pca_var`**, mediante la cual, se representan las variables en el nuevo espacio de componentes principales. En este gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por los dos componentes representados, habitualmente los dos primeros (Dim1 y Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las

negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra). Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los componentes representados). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno ($\cos^2$) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del $\cos^2$ sobre todos los componentes principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de $\cos^2$ sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

- **Función `fviz_pca_biplot`**, biplot para representar de forma conjunta, las muestras y las variables. En cuanto a las variables, se reproduce la información mostrada mediante la función `fviz_pca_var`. En cuanto a las muestras, se pueden observar los posibles agrupamientos entre muestras y su relación con las variables.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan y se discuten los resultados obtenidos en el orden que se indica a continuación:

- Estudio de caracterización físico-química del *pebre vermell coent mallorquí*, reputación y vinculación histórica y cultural del producto con Mallorca. Estudio de la posible diferenciación entre el *pebre vermell coent mallorquí*, y el pimentón picante externo.
- Análisis del vínculo del producto con el medio geográfico, resultados de la aplicación de técnicas estadísticas univariable y multivariantes para discernir si el *pebre vermell coent* obtenido a partir de plántulas de plantas de pimiento de *cirereta* cultivados en empresas colaboradoras en Mallorca presenta características diferenciales significativas respecto a los cultivados en la península; influencia de las variables climáticas sobre el cultivo del pimiento *cirereta*.
- Caracterización de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido a partir de pimientos de la variedad *cirereta* en diferentes estados de maduración.
- Estudio de la segunda vida útil de muestras de *pebre coent mallorquí*.

En las tablas y figuras se ha utilizado la siguiente nomenclatura para designar a las variables físico-químicas (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Nomenclatura utilizada en la presentación de resultados para designar a las variables físico-químicas*.

CLAVE	VARIABLE	CLAVE	VARIABLE
ASTA	Grados ASTA	Al	Aluminio (ppm ss)
RY	Color R/Y	B	Boro (ppm ss)
L*	Coordenada color L*	Ca	Calcio (ppm ss)
a*	Coordenada color a*	Cu	Cobre (ppm ss)
b*	Coordenada color b*	Fe	Hierro (ppm ss)
C*	Clave de color Croma*	K	Potasio (ppm ss)
hue*	Tono de color	Mg	Magnesio (ppm ss)
Hum	% Humedad (%)	Mn	Manganeso (ppm ss)
Cenizas	% Cenizas (% ss)	Na	Sodio (ppm ss)
CenizInsol	% Cenizas insol. (% ss)	Ni	Níquel (ppb ss)
Grasa	% Grasa (% ss)	P	Fósforo (ppm ss)
Fibra	% Fibra dietética (% ss)	Sr	Estroncio (ppm ss)
Caro	Carotenoides tot. (ppm ss)	Zn	Zinc (ppm ss)
Capsa	Capsaicinas (ppm ss)		

ss: sólido seco

6.1 Caracterización físico-química del *pebre vermell coent mallorquí*

Para la caracterización físico-química del *pebre vermell coent mallorquí* se han utilizado conjuntamente los resultados obtenidos de las analíticas realizadas sobre las muestras comerciales de *pebre vermell coent mallorquí* (muestras CC) y las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenidas en el ensayo de cultivo controlado con pimientos de la variedad *cirereta* cultivados en Mallorca (muestras CM).

La caracterización física se llevó a cabo mediante análisis granulométrico y determinación del color mediante la medida de los grados ASTA, de la relación R/Y (Rojo/Amarillo) y de las coordenadas de color CIELab*.

6.1.1 Granulometría

Mediante análisis granulométrico se ha determinado la distribución por tamaños de las partículas que forman parte de cada muestra; para ello se ha determinado el porcentaje retenido por un tamiz, como la relación entre el peso retenido por cada tamiz con respecto al peso total de la muestra

Se analizó la distribución por tamaños de las partículas de muestras comerciales de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido con pimientos de la variedad cirereta (muestras CC) y *muestras de pebre vermell coent mallorquí* obtenidas en el ensayo de cultivo controlado con pimientos de la variedad *cirereta* cultivados en Mallorca (muestras CM). Se ha calculado el valor medio, la desviación y el intervalo de tolerancia incluyendo de manera conjunta todas las muestras de pebre coent mallorquí (muestras CC y CM). Los resultados se presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Análisis granulométrico. Porcentaje en peso de cada fracción. Valor medio, desviación e intervalo de tolerancia. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí*.

TAMIZ	Valor medio	Intervalo de tolerancia
Fracción 2 (entre 0.090 y 0.180 mm)	2.5 ± 2.9	[0.0, 7.8]
Fracción 3 (entre 0.180 y 0.355 mm)	31.0 ± 19.1	[0.0, 66.3]
Fracción 4 (entre 0.355 y 0.500 mm)	40.3 ± 13.4	[15.5, 65.0]
Fracción 5 (entre 0.500 y 0.710 mm)	23.1 ± 17.2	[0.0, 55.1]
Fracción 6 (entre 0.710 y 1.000 mm)	2.6 ± 3.1	[0.0, 8.3]
Fracción 7 (>1.000 mm)	0.1 ± 0.2	[0.0, 0.5]

Con el objeto de determinar la curva granulométrica se utilizan los porcentajes retenidos acumulados por cada uno de los tamices y que corresponden a la retención de cada uno de ellos en el caso en que no existiesen por encima de él ninguno de abertura mayor. Hallando las diferencias a 100 de los tantos por ciento retenidos acumulados, se obtienen los porcentajes que pasan acumulados, indicando estos, no lo retenido por un tamiz, sino por el contrario, la fracción total que pasa por él.

En la Figura 6.1 se presenta la curva característica de la granulometría del *pebre vermell coent mallorquí*. Puede observarse que los porcentajes mayoritarios corresponden a las fracciones 3, 4 y 5 (tamaños entre 0.180 y 0.710 mm), que suponen el 94.4 % de las partículas de *pebre vermell coent mallorquí*.

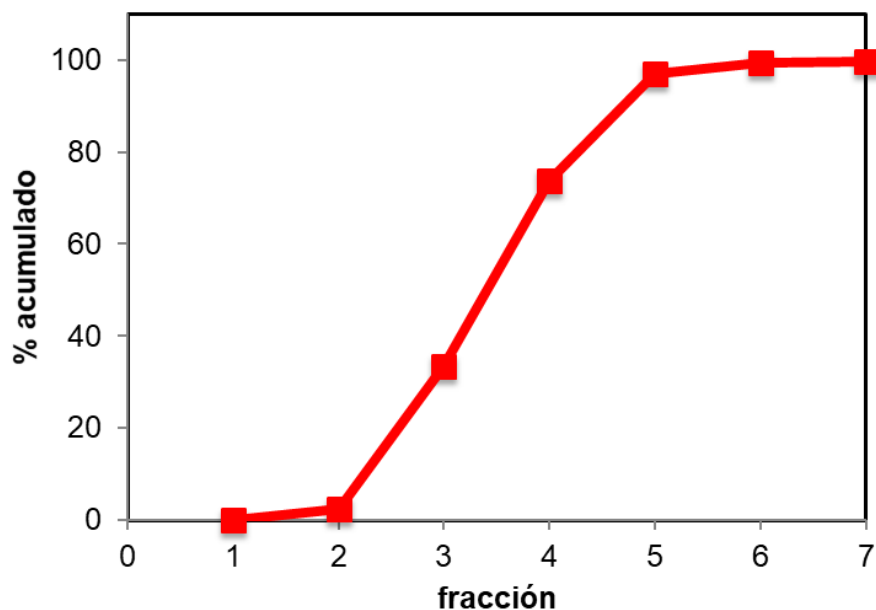


Figura 6.1. Curva granulométrica característica del *pebre vermell coent mallorquí*.

6.1.2 Color

La Tabla 6.3 muestra los resultados de las determinaciones de color realizadas sobre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* en forma de media recortada ($tr=0.1$), error estándar de la media recortada, e intervalos de confianza ($\alpha=0.05$). Las diferentes determinaciones son consideradas complementarias entre sí y permiten evaluar de una manera global el color de la muestra.

Los grados ASTA se basan en la medida física de la absorbancia en un punto del espectro (460 nm), es decir, a una determinada longitud de onda. En cuanto al parámetro R/Y, proporciona información relativa a la relación entre los colores rojo y amarillo, (absorbancia a 470 nm/absorbancia a 455 nm). Por lo tanto, es posible tener dos muestras de pimentón con el mismo valor de grados ASTA, pero con proporciones diferentes de pigmentos rojo y amarillo. La definición del color del pimentón mediante coordenadas CIELab*, junto con el valor de los grados ASTA, y de la relación R/Y da una medida más consistente del color.

Tabla 6.3. Parámetros de color. Valor de la media recortada ($tr=0.1$), error estándar e intervalo de confianza. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí*.

VARIABLE	Media recortada	Error estándar	Intervalo de confianza ($\alpha=0.05$)	
ASTA	102	8	[85,	118]
RY	1.004	0.001	[1.000,	1.019]
L*	41.2	0.9	[39.3,	43.0]
a*	36.7	0.9	[34.9,	38.5]
b*	40.9	1.2	[38.3,	43.5]
C*	54.8	1.0	[52.8,	56.9]
hue*	47.3	1.1	[44.9,	49.8]

El valor del color medido en grados ASTA se atribuye principalmente a su contenido en carotenoides. Los valores propuestos en la bibliografía para los grados ASTA y el color del pimentón son muy variables, y dependen estrechamente de la variedad. García et al. (2007) midieron valores de ASTA comprendidos entre

91 y 150 grados en pimentón elaborado con cinco variedades diferentes de pimienta de bola. Un estudio comparativo entre pimentón de la Vera DOP (Extremadura) y pimentón de Murcia DOP en sus variedades dulces, aportó los siguientes valores medios e intervalos mínimo-máximo para los grados ASTA de ambos grupos, 106 (83–140) grados para el pimentón de la Vera, y 91 (63–124) grados para el pimentón de Murcia. Para el pimentón de Kalocsai DOP (Hungría) se han publicado valores de ASTA mucho más elevados, comprendidos entre 265 y 413 grados, lo que indica un color rojo muy intenso. El pimentón de Mallorca DOP debe tener un valor de ASTA superior a 90 grados, si bien, en el estudio de caracterización realizado por el grupo de Ingeniería Agroalimentaria de la UIB mostró que presenta valores de 127 ± 27 grados.

En cuanto al parámetro R/Y, relación entre rojo y amarillo, en la bibliografía se constatan valores diferentes dependiendo de la variedad, y también del método de procesado. Por ejemplo, para pimentón de la variedad Jalapeño, se han obtenido valores entre 1.57 y 1.82 dependiendo del método de secado, concluyendo que los carotenoides rojos son más estables durante el procesado (Topuz, Dincer, Özdemir, Feng, & Kushad, 2011). En el pimentón de Mallorca DOP se midieron valores de 1.01 ± 0.01 . En el *pebre vermell coent mallorquí*, el parámetro R/Y es muy cercano a la unidad.

En un amplio estudio realizado sobre 96 muestras de pimentón originarias de España, Sudáfrica y Marruecos (Nieto-Sandoval, Fernández-López, Almela, & Muñoz, 1999), se proponen los siguientes valores medios e intervalos mínimo-máximo para diferentes variables de color: 116.0 (16.4–242.5) para los grados ASTA, 36.2 (29.1–46.3) para L^* , 36.6 (22.6–41.4) para a^* , y 42.9 (26.3–57.1) para b^* . De acuerdo a estos resultados, en comparación con las medias del anterior estudio: el *pebre vermell coent mallorquí* tendría un valor de ASTA ligeramente inferior, similar de color rojo ($+a^*$), y superiores valores de luminosidad (L^*) y color amarillo ($+b^*$). Los valores determinados de las coordenadas CIELab* para el pimentón de Mallorca DOP ($L^* = 45.5 \pm 2.6$; $a^* = 34.8 \pm 4.4$; $b^* = 41.7 \pm 1.5$) fueron muy similares a los obtenidos para el *pebre vermell coent mallorquí*.

6.1.3 Caracterización química

La Tabla 6.4 muestra los resultados de las determinaciones químicas realizadas sobre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* en forma de media recortada ($tr=0.1$), error estándar de la media recortada, e intervalos de confianza ($\alpha=0.05$). Los resultados corresponden a las analíticas realizadas sobre las muestras *pebre vermell coent mallorquí* CC (comerciales) y CM (cultivadas en Mallorca en las fincas colaboradoras).

La Tabla 6.5 presenta los valores admisibles, de acuerdo con los pliegos de condiciones, para la granulometría y las características físico-químicas definidas en las Denominaciones de Origen Protegidas de pimentón reconocidas actualmente según la legislación europea. Como se indica en dicha tabla, en la actualidad se encuentran amparados siete pimentones, tres en España (de Mallorca, de la Vera, y de Murcia, éste último en dos variedades, Extra y I), uno en Francia (d'Espelette), uno en Eslovaquia (Zitava) y dos en Hungría (Kalocsai fűszerpaprika-őrlemény y Szegedi).

El método de procesado de los pimientos para obtener el pimentón es decisivo en su calidad final, especialmente en lo que respecta al color y valores de ASTA, así como en el contenido en carotenoides finales y capsaicinas (Topuz et al., 2011).

En la Tabla 6.6 se comparan los resultados de la granulometría y caracterización físico-química del *pebre vermell coent mallorquí*, con los límites máximos permitidos en pimentones con DOP, para la granulometría, el color (grados ASTA), los contenidos en humedad, cenizas totales e insolubles, extracto etéreo (grasa), fibra y capsaicina. Cabe destacar que los datos presentados para el *pebre vermell coent mallorquí* se refieren a valores característicos obtenidos mediante medias recortadas, mientras que los correspondientes a los otros pimentones con DOP son valores límite (máximos o mínimos dependiendo del parámetro) permitidos.

Tabla 6.4. Parámetros químicos. Valor de la media recortada ($\alpha=0.1$), error estándar e intervalo de confianza. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (CC y CM).

VARIABLE	Media recortada	Error estándar	Intervalo de confianza ($\alpha=0.05$)
% Humedad (%)	4.4	0.6	[3.2, 5.6]
% Cenizas (% ss)	6.2	0.2	[5.8, 6.6]
% Cenizas insol. (% ss)	0.07	0.02	[0.04, 0.11]
% Grasa (% ss)	10.8	0.3	[10.2, 11.5]
% Fibra dietética (% ss)	38.3	1.8	[34.5, 42.1]
Carotenoides tot. (ppm ss)	2530	219	[2067, 2994]
Capsaicinas (ppm ss)	1351	83	[1175, 1527]
Al (ppm ss)	22.4	4.9	[11.9, 32.9]
B (ppm ss)	12.4	0.4	[11.5, 13.3]
Ca (ppm ss)	1245	115	[1001, 1489]
Cu (ppm ss)	10.5	0.5	[9.4, 11.5]
Fe (ppm ss)	53.8	1.9	[49.8, 57.8]
K (ppm ss)	18604	528	[17485, 19724]
Mg (ppm ss)	1857	36	[1780, 1934]
Mn (ppm ss)	10.7	0.2	[10.3, 11.1]
Na (ppm ss)	310	14	[280, 340]
Ni (ppb ss)	234	28	[175, 293]
P (ppm ss)	3515	72	[3364, 3667]
Sr (ppm ss)	4.5	0.8	[2.9, 6.1]
Zn (ppm ss)	24.0	1.1	[21.7, 26.4]
Pb (ppb ss)	No detectable		

Tabla 6.5. Tabla comparativa de las características físico-químicas de los pimentones amparados por DOPs.

	ORIGEN	Granulometría	ASTA (mín.)	Humedad (% máx)	Cenizas (% ss máx.)		Grasa (% ss)	Fibra cruda (% ss máx.)	Capsaicinas (ppm ss)
					Totales	Insolubles			
De Mallorca*	España	< 0.500 mm	90	4.2	-	-	7-12	-	máx 4
De la Vera*	España	< 1.190 mm	90	14	9	1	máx. 23	28	-
De Murcia* (Var. Extra)	España	< 1.190 mm	120	14	7.5	0.7	máx. 20	27	máx. 30
De Murcia* (Variedad I)	España	< 1.190 mm	90	14	8	1	máx. 23	28	máx. 30
d'Espelette	Francia	< 0.500 mm	-	12	-	-	-	-	-
Zitava	Eslovaquia	< 0.500 mm	120	10	7	0.7	9-11		100-290
Kalocsai fűszerpaprika- őrlemény	Hungría	< 0.500 mm	85	11	-	-	-	-	moderadamente picante: 30-200 ppm; picante: 200-500 ppm; muy picante >500 ppm
Szegedi	Hungría	< 0.500 mm	120	11	-	-	-	-	dulce: <100 ppm; moderadamente picante: 100-200 ppm; picante: >200

*Pimentón dulce

Tabla 6.6. Comparación entre características físico-químicas del *pebre vermell coent mallorquí*, y los límites permitidos en pimentones con DOP.

	Pebre vermell coent mallorquí	Pimentones con DOP
Granulometría (Norma ASTM E - 11/95)	Pasa (>95%) por el tamiz 25 (equivalente a 0.710 mm de la luz de malla)	-Murcia y de la Vera pasan por el tamiz 16 (equivalente a 1.19 mm de la luz de malla). -Mallorca, d'Espelette, Zitava, Kalocsai fűszerpaprika-őrlemény y Szegedi pasan por el tamiz 35 (equivalente a 0.500 mm de la luz de malla)
ASTA	Valor mín. 85	Valor mín. 85-120
% Humedad	Valor máx. 5.6 %*	Valores máx. entre 10 y 14%** , excepto el de Mallorca con un máximo de 4.2%***
Cenizas (% ss):		
Totales	Valor máx. 6.6 % ss	Valor máx. 7-9 % ss
Insolubles	Valor máx. 0.11 % ss	Valor máx. 0.7-1.0 % ss
Grasa (% ss)	Valor máx. 11.5 % ss	-Valores máx. 20-23 % ss (de la Vera, Murcia) , -entre 9-11% ss (Zitava) -entre 7-12% (Mallorca)
Fibra (% ss)	Valor máx. 42.1% ss de fibra dietética	Valor máx. 27-28 % ss, (de la Vera, Murcia), de fibra cruda
Capsaicina (ppm ss)	Valor mín. 1175 ppm ss	- picante >200 ppm; - muy picante >500 ppm

*determinado a 65 °C; ** determinado a 105 °C *** determinado a 70°C a Presión ≤100 mm Hg (13.3 kPa)

El tamaño de partícula de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* es inferior (>95 %) a 0.710 mm, por tanto, su granulometría es de menor tamaño que el permitido para los pimentones españoles con DOP (<1.19 mm) excepto el de Mallorca, pero algo superior a la del resto de pimentones amparados (<0.500 mm) ya que el porcentaje de partículas de pebre coent mallorquí mayores de 0.500 mm fue del 73.7 %. El tamaño de partícula no solo influye en las características tecnológicas del pimentón si no también ha demostrado ser un parámetro determinante de la biodisponibilidad de compuestos bioactivos. La biodisponibilidad se refiere en este caso, a la fracción de este tipo de compuestos que son absorbidos en el cuerpo, entran en circulación sistémica y se convierten en disponibles para su utilización en funciones fisiológicas normales o para su almacenamiento en el cuerpo humano. De este modo, un tamaño de partícula inferior y, por tanto, un pimentón con una mayor área superficial activa, presentará una mejor absorción de dichos compuestos durante la digestión.

En el caso de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*, se obtuvo un valor medio de ASTA relativamente bajo (102 grados), siendo el mínimo de 85 grados. Analizando los resultados de cada muestra se observa que una muestra del grupo CC y otra del grupo CM presentaron valores de ASTA cercanos a 50-53 grados, valores que no quedan reflejados al considerar medias recortadas.

Los carotenoides son pigmentos naturales, abundantes en el pimentón, responsables de su color. Su contenido está relacionado con la variedad, el estado de maduración y factores relacionados con su proceso de obtención. Los principales carotenoides en el pimentón son β -caroteno, luteína y capsantina, precursores

de la vitamina A. Los diferentes colores de pimentón se deben principalmente a diferentes perfiles de carotenoides. Capsantina y capsorrubina son los principales carotenoides en el pimentón rojo, la luteína se encuentra en abundancia en pimentón amarillo y verde, y β -caroteno se encuentra en pimentón naranja. Recientemente, las diferencias en los perfiles de carotenoides en plantas de pimentón han recibido especial atención debido a que, a pesar de que tienen estructuras similares, los efectos biológicos parecen ser diferentes (Kaulmann & Bohn, 2014). En particular, las capsantinas presentan actividad antitumoral (Maoka et al., 2001), atenúan la inflamación inducida por la obesidad (Maeda, Saito, Nakamura, & Maoka, 2013), y elevan los niveles de colesterol HDL en plasma (Aizawa & Inakuma, 2009). La luteína y la zeaxantina contribuirían a reducir el riesgo de degeneración macular relacionada con la edad (AMD) (Krinsky, Landrum, & Bone, 2003) y de cáncer (Granado, Olmedilla, & Blanco, 2003), la β -criptoxantina (Uchiyama & Yamaguchi, 2006; y Yamaguchi, 2012), la astaxantina (Hussein, Sankawa, Goto, Matsumoto, & Watanabe, 2006), y la fucoxantina (Peng, Yuan, Wu, & Wang, 2011). De este modo, se concluye que la ingesta dietética de pimentón rojo podría ser útil para reducir el riesgo de diferentes enfermedades, especialmente aquellas causadas por estrés oxidativo (Kim, Lee, Rhee, & Kim, 2016).

En la bibliografía se observa que el contenido en carotenoides totales es muy variable y depende del método de procesado. Algunos ejemplos son: 5018 ppm ss en variedad bola, 6687 ppm ss en variedad agridulce (Mínguez, 1996); 2318 ppm ss en Jalapeño (Topuz et al., 2011).

Se midió el contenido en carotenoides totales del *pebre vermell coent mallorquí*, resultando ser de 2530 ± 219 ppm ss, obteniéndose valores comprendidos entre 2067 y 2994 ppm ss. Igualmente, cabe mencionar que las dos muestras que presentaron valores bajos de ASTA, también contenían bajos contenidos de carotenoides totales, de aproximadamente 1100 ppm ss, valores no considerados al utilizar medias recortadas.

El grado de picante es un importante parámetro de calidad de pimentón. Los componentes que le confieren esa característica son los capsaicinoides, siendo los más importantes la capsaicina y la dihidrocapsaicina, que suponen más del 80 % de los capsaicinoides del pimentón picante. Este tipo de compuestos tienen relevantes implicaciones farmacológicas y aunque se usan en bajas cantidades en la dieta, contribuyen a disminuir los niveles de colesterol y tienen acción bactericida, se ha demostrado su utilidad en el tratamiento de diferentes enfermedades como la artritis, cistitis, e incluso en el tratamiento contra el virus de la inmunodeficiencia humana (Topuz et al., 2011).

El *pebre vermell coent mallorquí* es un pimentón picante, por lo que tal y como era de esperar, su contenido en capsaicinas (componentes que confieren la sensación ardiente al pimentón) es elevado, siendo el valor medio de 1351 ± 83 ppm ss. Sin embargo, los valores de capsaicina determinados en las muestras estuvieron comprendidos dentro de un amplio margen, entre 436 y 2701 ppm ss. Otros pimentones con DOP se califican como picantes si su contenido en capsaicinas es superior a 200 ppm, y muy picantes cuando superan los 500 ppm.

Molnár et al. (2018) analizaron muestras de pimentón picante de diferentes orígenes (Bulgaria, China, Hungría, Perú, Serbia y España). Dichos autores encontraron elevadas correlaciones entre la cantidad de capsaicinas libres, monoésteres y diésteres y β -caroteno presentes en las muestras de pimentón y, tanto la intensidad de su color como su valor de ASTA. Los valores más elevados de ASTA y contenido en carotenoides totales se encontraron en el pimentón peruano (140 ± 35 grados ASTA y 3810 ± 1206 ppm carotenoides totales), y los más bajos en el pimentón serbio (101 ± 28 grados ASTA y 2855 ± 744 ppm carotenoides totales).

En la siguiente figura (Figura 6.2) se han representado los valores de ASTA de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* frente a su contenido en carotenos totales. Al igual que en el trabajo de Molnár et al. (2018),

se observa una elevada correlación entre ambos conjuntos de datos en las muestras mallorquinas (CCy CM) siendo el coeficiente de determinación (r^2) superior a 0.99.

Sin embargo, no se observaron correlaciones entre los contenidos en carotenoides y en capsaicinas; ni entre el contenido en capsaicinas y las unidades ASTA del *pebre vermell coent mallorquí*, siendo los coeficientes de correlación inferiores a 0.14.

Al indicar el contenido de humedad se debe especificar el método de determinación utilizado. Entre los métodos usuales de determinación del contenido en agua en pimentón, se encuentran los de desecación en estufa a 100-120°C hasta obtención de peso constante. En este caso, la pérdida de peso se corresponde a la humedad más el extracto etéreo volátil. Por ese motivo, y teniendo en cuenta la bibliografía consultada, en este estudio se determinó del contenido en humedad manteniendo la temperatura de la estufa de vacío por debajo de 65°C, para evitar pérdidas de peso por descomposición de los azúcares y por pérdida de volátiles.

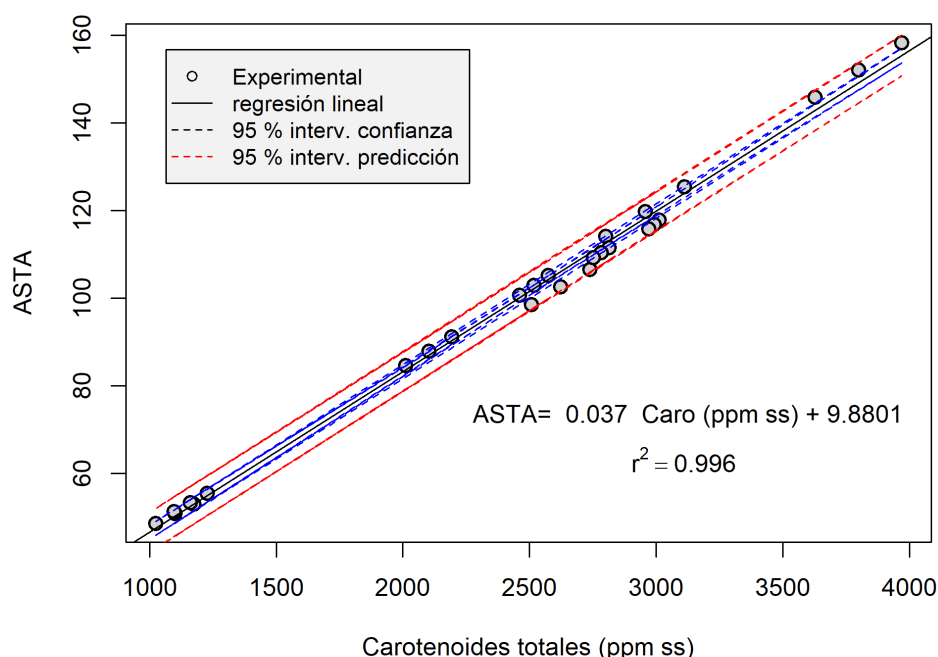


Figura 6.2. Correlación entre los valores de ASTA de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* frente a su contenido en carotenos totales.

El valor medio de humedad (4.4 %) en el *pebre vermell coent mallorquí* está dentro del intervalo propuesto en la bibliografía (entre 3 y 6 %, dependiendo del método de secado), si bien algunas muestras de *pebre vermell coent mallorquí* presentaron valores superiores (hasta del 8.5 %). De acuerdo con la bibliografía, se debe mantener cierto contenido en humedad en el pimentón para aumentar la estabilidad de los carotenoides, ya que parece que las moléculas de agua contribuyen a proteger los sitios activos contra las reacciones de oxidación (Topuz et al., 2011).

La grasa bruta o extracto etéreo corresponde al residuo obtenido de la extracción con un disolvente no polar, de la muestra seca. Se refiere al conjunto de las sustancias extraídas que incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos. El extracto etéreo medio del *pebre vermell coent mallorquí* fue de 10.8 ± 0.3 % ss, valor similar a los propuestos para el pimentón picante con origen eslovaco, y considerablemente inferior a los valores máximos admitidos en el resto de pimentón amparado

por DOPs (20-23 % ss). En este caso, una muestra presentó un valor considerablemente superior, de 18.7% ss.

El contenido medio en grasa total propuesto por la USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2016), para el pimentón es de 14.5 % ss. De acuerdo con Sancho Gómez & Navarro Albaladejo (1956), un pimentón preparado sin semillas no da nunca más de un 10 % de extracto etéreo, y esta cifra va aumentando conforme se le adicionan semillas, cuyo contenido en grasa es muy superior al del resto del fruto. En el caso del *pebre vermell coent mallorquí*, durante la elaboración, se retira y descarta el pedúnculo dejando solo parte de las semillas.

En cuanto a la fibra, en el presente estudio se determinó la fibra alimentaria (DF) a partir del residuo insoluble en alcohol (AIR). La DF corresponde a la suma de los polisacáridos excepto el almidón.

El valor medio de la DF del *pebre vermell coent mallorquí* fue del 38.3 % ss, siendo los límites inferior y superior del intervalo de confianza de 34.5 y 42.1 % ss, respectivamente. En el caso de otras muestras españolas con DOP, los valores máximos permitidos en fibra cruda son de 27-28 % ss. El contenido medio en fibra alimentaria total propuesto por la USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2016), para el pimentón es de 39.3 % ss.

El pimiento es una buena fuente de potasio, magnesio, fósforo y calcio, todos ellos minerales esenciales en la salud humana. En cuanto al plomo, debe estar ausente. El potasio, el mineral más abundante en frutas y vegetales, ayuda a reducir el riesgo de accidente cerebrovascular. El magnesio es importante en la síntesis de proteínas y es crítico para el funcionamiento apropiado del corazón. El fósforo es esencial para la mineralización del esqueleto y el correcto funcionamiento de múltiples funciones celulares. El calcio es esencial para la formación de hueso y la prevención de la osteoporosis.

Los contenidos en minerales se encuentran dentro de los márgenes propuestos en la bibliografía. Por ejemplo, los valores propuestos por la USDA National Nutrient Database for Standard Reference para el pimentón son: 2580, 8, 238, 25687, 2005, 18, 766, 3538 y 49 ppm ss de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn, respectivamente. Para la variedad de pimiento dulce Almuden, se proponen en la bibliografía los siguientes valores: 1258, 3.4, 26, 22308, 957, 5.7 y 21 ppm ss para Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn y Zn, respectivamente (López et al., 2013). En el caso del *pebre coent mallorquí* para esos mismos minerales, los valores son: 1245, 10, 54, 18604, 1857, 11, 310, 3515 y 24 ppm ss.

Palacios-Morillo et al. (2014) determinaron los contenidos de Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sr y Zn en muestras de pimentón de las dos DOPs españolas, localizadas geográficamente en Extremadura y Murcia. Usando el contenido de estos elementos y aplicando diferentes métodos matemáticos y estadísticos, lograron diferenciar y clasificar correctamente las muestras con una eficiencia del 99±2%, concluyendo que el perfil de minerales está altamente influenciado por la región geográfica de cultivo y demostrando su utilidad para diferenciar entre DOPs y para el control de calidad de este producto.

6.1.4 Caracterización sensorial

La descripción sensorial del *pebre vermell coent mallorquí* es la siguiente:

- Apariencia uniforme, sin gránulos ni trozos. Color entre anaranjado y rojo anaranjado
- Textura harinosa homogénea, ausencia de untuosidad.
- Olor penetrante a pimiento asado con recuerdos a heno y a hortalizas horneadas (cuanto más maduros son los pimientos, el pimentón presenta menos olor a heno y a pimiento fresco y más a pimiento asado).

- En boca, se perciben sensaciones ardiente* y picante** dominantes, con intensidad determinada por el contenido en capsaicina, que provoca sensación de calor, acompañada de aromas a pimiento asado y a hortalizas horneadas. Presenta cierto amargor. El regusto es prolongado y persistente, predominando la sensación picante*.

*Ardiente: sensación de calor dentro de la boca por ej. Producida por el alcohol (cálida) o pimiento picante (ardiente)

**Picante o sensación picante: sensación de irritación de las mucosas nasales y bucales por ejemplo la producida por el vinagre, la mostaza o el rábano picante.

6.2 Descripción, elaboración y vínculo histórico del *pebre vermell coent mallorquí*

El *pebre vermell coent mallorquí* es el que se obtiene de la deshidratación y molienda de la variedad *cirereta* o *fulla d'olivera* del pimiento (*Capsicum annuum*). La planta es erecta, de estatura mediana. Sus hojas son mayoritariamente ovaladas y también se observa la presencia de hojas más lanceoladas, de color verde oscuro. El pedúnculo es de porte medio, no es erecto como la variedad Tap de cortí, ni pendular como el *pebre Ros*. La forma longitudinal del fruto es triangular estrecha con presencia de algunos frutos curvados. El ápice del fruto es agudo a muy agudo. En sección transversal es circular-ovalada. El cáliz envuelve parcialmente el fruto. La textura de la superficie es ligeramente arrugada y más sinuosa en la parte basal. El fruto inmaduro es de color verde amarillento y rojo en la madurez. Presenta capsaicina, por lo que es picante. El fruto tiene un peso de 14 g a 17 g, una alzada de 125 mm, diámetro de 17 mm y una relación alzada/diámetro de 7. Mayoritariamente presenta dos lóculos. El pericarpio tiene un ancho de 2.25 mm.



Figura 6.3. Pimientos picantes (var. Cirereta).

El pimiento de Mallorca de la variedad *cirereta* o *fulla d'olivera* (Figura 6.3) figura en el Registro Nacional de Variedades Comerciales desde el año 2017 con núm. de registro 20150314, tras la petición efectuada en 2011 por la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca mediante la Dirección General de Agricultura y Ganadería en el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente para que incluyera esta variedad, empleada principalmente para la producción de pimentón picante.

Desde finales del siglo XIX hasta finales de los años 70 del siglo XX, pimientos para hacer pimentón se cultivaban de forma mayoritaria en muchos pueblos de Mallorca siendo frecuente contemplar como las fachadas de muchos edificios de estos lugares de cubrían de ristras de pimientos que se dejaban secar al sol, principalmente de la variedad dulce tap de cortí, pero también de cirereta para elaborar pimentón picante.

6.2.1 Proceso tradicional de elaboración del *pebre vermell coent mallorquí*

El secado de *pebre de cirereta* se llevaba a cabo de forma artesanal en muchas familias de diversas localidades de Mallorca (Pòrtol, Santa Maria, Felanitx, Lluçmajor...), para obtener el pimentón picante que luego se añadiría a los productos de la matanza (*sobrassades* y *llonganisses*) junto con el *pebre bord* de Mallorca (dulce).

El proceso constaba de varias fases: recogida, enfilado, secado al sol, secado en hornos, picado/trituración, cernido, molienda y envasado.

A mediados de agosto llegaban, procedentes de las huertas, camiones o carros cargados de sacos de pimientos, tanto dulces (var. Tap de Cortí, pequeños y redondeados) para hacer *pebre bord*, como picantes (var. cirereta, alargados y finos) con los que se haría el *pebre vermell coent*.

Mediante aguja e hilo se enfilaban ristras dobles o de tres cantos de longitud variable (entre 1.5-4 m). Esta labor corría básicamente a cargo de las mujeres, aunque también participaban niños y personas mayores. Las ristras se colgaban en las fachadas de las casas, especialmente las orientadas al sur, para que se secaran al sol durante aproximadamente 15 días, según la climatología. Posteriormente las ristras se colgaban en las zonas altas de los hornos y en la parte baja se colocaban sobre rejillas pimientos sueltos partidos por la mitad. Los hornos se mantenían encendidos a temperatura baja día y noche durante los 8 días correspondientes a la duración de la operación.

Después se sacaban, los pimientos deshidratados se extendían en el suelo y una vez fríos, se trituraban mediante unas mazas de mango largo que permitían realizar la operación estando de pie. En los últimos años, las mazas fueron sustituidas por trituradoras automáticas con dos rodillos. La Figura 6.3 muestra una imagen de los pimientos picantes de la variedad Cirereta secos enteros y cortados por la mitad.

El producto resultante se pasaba por cedazos para eliminar pedúnculos.



Figura 6.4. Pimientos picantes (var. cirereta).secos enteros (a) y cortados por la mitad (b)

La pulpa y las semillas se molían en molinos similares a los harineros. Antiguamente eran de tracción animal (*molins de sang*) o de viento. El producto de la molienda se pasaba por cedazos muy finos a fin de eliminar cualquier impureza que hubiera.

El pimentón obtenido (*pebre bord* y *pebre vermell coent*) se comercializaba a particulares y a industriales de industrias cárnicas.

6.2.2 Vínculo histórico

El pimentón picante (*pebre vermell coent*) está ligado a la historia, gastronomía y cultura de Mallorca y la variedad del pimiento *Cirereta* o *fulla d'Olivera* era la que se cultivaba específicamente para elaborarlo. Numerosas referencias a este producto se encuentran escritas en artículos de revistas, libros, diccionarios, etc., describiendo tanto la tradición del enfilado, secado y molido para la obtención del pimentón, como su uso como ingrediente tradicional en la cocina mallorquina y en la elaboración de diversos embutidos típicos de la isla. También es frecuente el uso literario de estos términos haciendo alusión al carácter picante del pimentón.

- En el diccionari català-valencià balear d'Alcover i Moll cuyo primer volumen se publicó en 1930 y el último en 1962, aparece la entrada *Cirereta* o *pebre de cirereta* (mall., men.) como sinónimo de *pebre vermell coent*, en castellano “guindilla”. Se describe *pebre coent*: el de la varietat hortense del *Capsicum annuum*, que produeix coïssor a la boca en esser menjat, i s'usa molt com a condiment i aperitiu; és vermell i relativament petit.
- En el diccionari Aguiló (1929) y en el manual de botánica Flora de Mallorca (1977-80), también aparece citado el *pebre coent* y el *pebre de Cirereta* como referencia al pimentón picante de Mallorca.
- La presencia del pimentón era tan frecuente en las elaboraciones culinarias que llamaba la atención a los visitantes foráneos.. Josep Antoni de Cabanyes, comerciante y mecenas que vivió en Mallorca entre 1837 y 1839, en sus Notas y observaciones hechas en mi viaje y permanencia en Mallorca cita:

“la mesa de los mallorquines está abundantemente provista de pimentones”
“esta gente no puede comer sin abusar de este añadido de un modo que pasma”.

- George Sand en su libro “Un invierno en Mallorca” (1841), comenta:

“En Mallorca se confeccionan con el cerdo, con seguridad, más de dos mil especies de guisados y al menos doscientas especies de embutidos, sazonados con una tal profusión de ajo, de pimienta, de pimentón y especias corrosivas de todos géneros, que uno arriesga la vida a cada bocado.”.

- En el libro de poesías Lo Tamboriner del Fluviá (1851), Pau Estorch i Siqués nombra el *pebre coent* en una de sus poesías.

“...Al escriptor de pagés, que no es just regaléu sucre al qui us dóna *pebre coent*”

- En la sección Mercados de Ultramar del número correspondiente al 9 de abril de 1862 de “El Lloyd Español. Diario marítimo y de intereses mercantiles”, se cita la venta del cargamento de la polacra española Trinidad de Mallorca y Génova (una polacra era un barco

velero parecido a un bergantín; la polacra Trinidad estaba relacionada con Mallorca, naufragó en 1895 en el estrecho de Gibraltar, estando al mando de una tripulación mallorquina, el también mallorquín Guillem Llull Socias). En el citado cargamento se encontraban 11 sacos de pimentón a ps.10 quintal.

- La familia Noceras (Muro) lleva elaborando artesanalmente las Galletas Gori de Muro desde 1890. La empresa elabora las “Galletes coentes de pebre de cirereta Gori de Muro”. Su picante proviene del pebre coent mallorquí obtenido por la propia empresa a partir de pimientos de la variedad Cirereta.
- Joan Rosselló de Son Forteza recuerda en su libro *Manyoc de fruita mallorquina* (1903) sus vivencias de cuando era niño en esta posesión. En el texto menciona el pebre coent de Mallorca, pebre de cirereta, colgando enfilado de las paredes de la cocina para secarse:

“De les parets d'el voltant, rotjes d'el fum, penjaven llarcs enfilalls de pebres de cirereta, posats á secar, pelles, calderons y llums d'encruia.”

- En 1906, Joan Esteva Canet hijo de Antonio Esteva Oliver fundador de una conocida pastelería de Mallorca, obtuvo una patente para un procedimiento de secado para la obtención del pimentón (Archivo OEPM, 1906, patente núm. 39238), y de un aparato para aplicar el procedimiento de secar el pimentón (Archivo OEPM, 1906, patente núm. 39235). Señal inequívoca de la importancia que se le daba al proceso de obtención de este producto.
- Antoni Contestí, propietario de una fábrica de pebre fundada en 1912, en el libro *Els Nostres Arts i Oficis d'Antany* (Llabrés, J. i Vallespir, J) atestigua la importancia que llegó a tener producción de pimentón en Mallorca. La fábrica estaba ubicada en la localidad de S'Arenal y cerró en 1965. Cuando le preguntan por las variedades de pimiento, cita 15 variedades, entre las cuales está el pebre de cirereta.

“...a Mallorca es Pebre de cirereta,...”

Y a la pregunta, De pebre en “polvo”, de quantes castes n'hi ha?, responde:

“n'hi ha manco. Tenim es Pebre coent, es Pebre bord, ...”

Explica que en la isla había diferentes fábricas destinadas a la producción de esta especia situadas en Randa, Pòrtol, Llucmajor (cinco de ellas), Santa María del Camí, Palma y Sant Jordi. Refiere además que, de 8 quintales de pimientos se obtenía 1 quintal de pebre y que el kilo se cotizaba a unas 2 pesetas.

- Àngel Ruiz i Pablo en su libro *Per fer gana* (1946) recoge algunas curiosidades de la gastronomía y cultura balear, entre las cuales nombra en varias ocasiones el pebre coent en sus recetas:

“Li he posat una mica de pebre coent, perquè si no és coenteta una caldera no val res, i un pebre de banyeta ben posat, no solamente fa gana de menjar...”

- La revista *Bellpuig* (Artà, 1962) publica un artículo de P. Rafel Ginard Bauçà, titulado *El Pont del Pentinat* describiendo a un personaje del pueblo, Don Mariano, y dice:

“Don Mariano troica sabata de son peu en un bergantell de disset o divuit anys. Aquest allot va jugar amb astúcia i, durant una sessió d'esgrima, tirà als ulls de Don Mariano una grapada de pebre coent. Don Mariano morí a Ciutat o a Son Carrió, a darrerries del segle passat.”

- Baltasar Porcel, escritor de Andratx, en su libro Solnegre (1961) dice:

"Per treure la fura del morrió, li dóna abans un pebre de cirereta que l'animal mossega tot d'una, i mentre escup, encegat, ell l'agafa."

- En el libro Cròniques de la molt anomenada ciutat de Montcarrà (1972), Maria-Antònia Oliver dice:

"—Què, que ja estàs bé, Catalineta? —féu Sor Josepa més vermella que un pebre de cirereta."

- En la localidad de Santa Maria, la elaboración de pebre se remonta a las primeras décadas del siglo XX. Básicamente lo llevaban a cabo dos familias; la familia Dolç y la familia Crespí. La familia Crespí se trasladó a Palma y actualmente mantiene su actividad comercial como expendedor de especias y continúa con la fabricación de pebre coent de Cirereta. La empresa dispone de documentación manuscrita en la que consta, en diversas temporadas (1967 -1985), los kg de pimienta que entraban y los de pimentón que se obtenían, así como otros datos técnicos (temperatura del horno, temperatura ambiental, grado de humedad, etc.), costes de mano de obra, con la finalidad de calcular el rendimiento del proceso.
- La revista Sa Comare Beneta. Núm 4 (1982) contiene una sección titulada "Pebre coent" utilizando las expresiones "Qui tasta es pebre de cirereta?" y "I ara el darrer pebre coent". Expresiones similares se incluyen en otros artículos como el titulado "Un polonès exilat" de Josep Sureda i Blanes en la revista Bellpuig (núm 36, 1962):

"... sense mancar-hi el pebre coent d'alló que Antillon deia "extravíos funestos".

- Glosa publicada en la revista Sa comare Beneta (núm 8, 1982) titulada Ses matances o porquejades incluyendo referencia al pebre coent:

Quan es porc està ben gras
i fa fred, que és Io que toca.
Sa gent, torna com a loca
per anar a comprar es prebàs
doncs es torna donar es cas
que ha arribat sa temporada
d'embutir sa sobrassada,
varia i butifarrons
a posta uns fan es pastons
i ets altres... sa pasterada.

I sa nostra Comareta
que és molt bona màtancera
ha volgut ser sa primera
per Comare i per Beneta.
ha esmolat sa guinaveta
perquè talli de valent
ha comprat... pebre coent
nou moscada i prebe bo,
canyella, espícies, clavell
fil de porc, guia, budell
i safrà per fer s'arros.

I és que ha tornat pegar fort
sobre tot per pagesia
aquell acostum que hi havia
com es sa de matar es porc.
I fan tal festa en sa mort
d'aquella bístia engreixada
que jo, més d'una vegada
he pensat, en confiança
que sa festa de matança
no és res més que una... porcada,

El Santpere

- En la revista Bellpuig (núm. 64, Arta, 1983) se publica una receta tradicional mallorquina de madò Antònia Gili para cocinar caracoles que incluye el pebre coent como ingrediente.
- En la revista Sant Joan (núm. 187, 1986), el artículo Pòrtol: Olles... i pebres (Pere Joan Amengual i Bestard, Extractat de l'article inèdit: El Poble de les Olles, la Ciutat de la Pau i el Pebre, Pòrtula-Marratxí.) dice:

"El meu poble ha estat anomenat desde sempre per la ceràmica, especialment les olles. Tothom sap que a Pòrtol fan olles, greixoneres i cossiols. Però ja són menys els qui saben que al poble de les olles hi havia fins no fa molts d'anys un bon grapat de famílies que se dedicaven a l'elaboració de pebre, pebre bort i coent per fer sobrassada i bones llengonisses quan arribava el temps de matances."

Continua:

"...i ja amb la Mare de Déu d'Agost arribaven a Pòrtol els camions carregats de pebres vermells, menuts els dolços, què servirien per a fer el pebre bort, i llargs i prims els coents."

"Especialment interessant era picar el pebre coent. Calia posar-se un mocador davant el nas com a mascareta i picar-lo dins senalles per tal d'evitar que s'esparguís amb el vent i pegas els ulls."

También se detalla cómo debe ser su elaboración para usarse posteriormente en la producción artesana de sobrasada. Este mismo artículo fue publicado aquel año también en numerosas revistas locales de toda Mallorca.

- El artículo La glosa avui en la revista Dijous, setmanari d'informació local i comarcal (núm. 703, Inca, 1987) hace referencia al pebre coent:

"Entre la glosa antiga, arcaica, llunyana i l'actual hi ha un parèntesi i un compàs d'espera. La gent mallorquina pareix que ho ha oblidat tot? no és així, dins cada casa l'amo o la madona, a un momenbt determinat se destiren d'unes gloses alegres com unes castenyetes i picantones com pebre coent".

- En la revista Pòrtula: l'Informatiu Cultural de Marratxí, núm. 76 del año 1988 aparece un relato (Portolans i Santamaris) donde se hace referencia al pebre coent.

"Els dos pobles han vist lluir el vermell dels enfilois de pebres a les façanes de les cases, i aquell dematí veniem de fer les botigues oferint el pebre de matances que aleshores elaboràvem a canostra"

"Ma mare m'ha contat que, quan era nina, anava a vendre la somada i pebre bord i coent, per a fer sobrassada a les places i botigues de Binissalem, Inca, Santa Maria..."

- El artículo "Una costum antiga que encara perdura: ses matances" publicado en la revista Sant Joan (núm. 216, 1988) describe en las recetas tradicionales para hacer botifarrons, sobrassades y llengonisses, el uso del pebre coent.

" Butifarrons, es fan entre altres coses de la freixura, cor, lleu, fetje, sang i raïssons (ronxes bollides) i a Sant Joan era costum posar a la pasta a més de pebre bo, pebre coent, espècies, clavells, unes llavoretes de fonoll i altres."

- De forma similar, la revista Encruia (Sóller, 1982), en el artículo "Ses matances" refiere diversas especias incluida el pebre coent, y dice que "Dies abans ja havien anat a Palma a comprar ses "espícis".

" A sa sobressada hi posaven: sal, pebre bo, pebre coent i pebre bord i en fregien un poc per a tastar-ho."

- En la revista Foganya (núm 0, 1989, Porreres) se describe la organización de una obra de teatro local. La descripción del escenario es la siguiente, una cocina tradicional payesa incluyendo pebres coents:

"Queda demostrat, ja que quasi en no res el montàrem, quedant-nos una cuina pagesa amb foganya, espinta i fogonets inclosos; tomàtiques de ramellet penjades, pebres coents i pell de taronja per a posar als caragols; una taula de cuina antiga, una pastera i un parell de cadires baixes cordades."

- A finales de 1993, el Gobierno de las Islas Baleares reconoció la Denominación Específica Sobrasada de Mallorca y, a principios de 1996, la Unión Europea protegió la denominación Sobrasada de Mallorca con la denominación de calidad: Indicación Geográfica Protegida. El pebre coent es un ingrediente esencial en la elaboración de la sobrasada picante, proporcionándole el color (rojo-anaranjado), el sabor y el aroma característico, además de actuar como agente conservante debido a su elevado contenido en antioxidantes.
- Revista Es Saig, Algaida, núm. 152-153 (1993). En el artículo Els Molins Fariners d'Algaida: molins de sang, dice:

"Cas Saig.- Aquest molí de sang estava també dins d una portassa, la de les cases de Sa Plaça n. 12. Deixà de funcionar l'any 1956; però en lloc de farina, els darrers anys hi molturaven pebre. El desmuntaren l'any 1964, donada la seva inutilitat. El morter de pebre bord i les moles quedaren en poder den Gustí "Saig" per decorar el corral de ca seva del carrer dels Cavallers. En canvi, el morter de pebre coent se'l quedà la seva germana."

- Carme Riera, en su libro Dins el darrer blau (1994) dice:

"Les sedes li feien una malada del dimoni i més que picar-li, com cada nit, li coïen talment com si les dugués farcides de pebre de cirereta."

- El *pebre vermell coent* es un ingrediente habitual del frito de Pascua, plato tradicional mallorquín, tal y como se comenta en el libro Les receptes de na Tonina (1995):

"Tradicionalment el dia de Pasqua, el frit és el plat que mengen les famílies mallorquines"

"El Frit de Pasqua, també conegut com a Frit Mallorquí o de Freixura es pot tastar qualsevol dia de l'any als restaurant de cuina tradicional Mallorquina."

- También la Greixonera de carota i llengua, receta tradicional descrita en la revista Coanegra (núm. 274, 2009) incorpora el pebre coent en la lista de ingredientes.
- En el libro El gust d'un poble. Els plats més famosos de la cuina catalana (2002) y donde se recogen y estudian los orígenes y formación de algunos platos de la época de Jacint Verdaguer y Antoni Guadí, se hace referencia al Pebre de Cirereta:

"A Mallorca un pamboli tradicional és servit amb un grapat d'olives, i, si agrada, un pebre de cirereta (bitxo)"

REFERENCIAS

DICCIONARI AGUILÓ. MARIAN AGUILÓ I FUSTER (1929). TOMO VI.

DICCIONARI CATALÀ-VALENCIÀ-BALEAR: INVENTARI LEXICogràfic I ETIMOLògic DE LA LLENGUA CATALANA EN TOTES LES SEVES FORMES LITERàRIES I DIALECTALS, RECOLLIDES DELS DOCUMENTS I TEXTOS ANTICS I MODERNS, I DEL PARLAR VIVENTAL PRINCIPAT DE CATALUNYA, AL REGNE DE VALÈNCIA, A LES ILLES BALEARS, AL DEPARTAMENT FRANCÉS DELS PIRINEUS ORIENTALS, A LES VALLS D'ANDORRA, ALMARGE ORIENTAL D'ARAGÓ I A LA CIUTAT D'ALGUER DE SARDENYA. OBRA INICIADA PER MN. ANTONI MA. ALCOVER I REDACTAT PER ... I FRANCESC DE B. MOLL. ALCOVER, ANTONI MARIA, 1862-1932. ED. MOLL 2005.

EL GUST D'UN POBLE. ELS PLATS MÉS FAMOSOS DE LA CUINA CATALANA. FABREGA, JAUME. 2002. EDITORIAL COSSETANIA. ISBN: 978-8495684912

ELS NOSTRES ARTS I OFICIS D'ANTANY. TOM III. ALIMENTACIÓ. (1982). LLABRES, JOAN; VALLESPÍR, JORDI. ESTUDIS MONOGRÀFICS DEL MUSEU ARQUEOLòGIC DE LA PORCÍNCULA. CONSELL INSULAR DE MALLORCA. PALMA. ISBN: 84-300-6443-5.

FLORA DE MALLORCA. (4 VOL.). BONAFÈ BARCELÓ, F. 1977-1980. ED. MOLL. PALMA DE MALLORCA.

LAS ISLAS BALEARES EN 1884. (1886). MÁRQUEZ PÉREZ, MANUEL. APUNTES VARIOS SOBRE SU PRODUCCIÓN, ACTIVIDAD COMERCIAL Y MOVIMIENTO ADUANERO. MANUEL MÁRQUEZ PÉREZ, INTERVENTOR DE LA ADUANA. IMPRENTA JUAN COLOMAR Y SALAS.

LES RECEPTES DE NA TONINA. (1995). SERRANO I DARDER, ANTòNIA. ED. DOCUMENTA BALEAR.

LO TAMBORINER DEL FLUVIÀ: POESIAS. (1851). ESTORCH Y SIQUÉS, PAU. IMPREMTA DE GRASES (GERONA).

MANYOC DE FRUITA MALLORQUINA. (1903). ROSSELLÓ I CRESPI, JOAN [JOAN ROSSELLÓ DE SON FORTEZA]: BARCELONA: PUBLICACIONS DE "CATALUNYA".

NOTAS Y OBSERVACIONES HECHAS EN MI VIAJE Y PERMANENCIA EN MALLORCA (1837-1839). DE CABANYES, JOSEP ANTONI. INTRODUCCIÓN, NOTES I COMENTARIS DE JOAN RIUS VILA. ED. PÒRTIC, COL. LLIBRES DE BUTXACA, NÚM. 23, BARCELONA (1970).

- PATENTE DE INVENCION 39235. 03/10/1906. UN APARATO PARA APLICAR EL PROCEDIMIENTO DE SECAR EL PIMENTÓN. ESTEVA CANET, JUAN. ESPAÑA, ISLAS BALEARES, PALMA DE MALLORCA.
- PATENTE DE INVENCION 39238. 01/10/1906. UN PROCEDIMIENTO PARA SECAR EL PIMENTÓN. ESTEVA CANET, JUAN. ESPAÑA, ISLAS BALEARES, PALMA DE MALLORCA.
- PER FER GANA (1946). RUIZ I PABLO, ANGEL. EDICIÓ MOLL, 1981. (ISBN: 9788427301016).
- REVISTA BELLPUIG NÚM 36, 1962. UN POLONÈS EXILAT. JOSEP SUREDA BLANES.
- REVISTA BELLPUIG NÚM 64, ARTÀ, (1983). RECETA DE CARACOLS. MADÒ ANTÒNIA GILI.
- REVISTA BELLPUIG, NÚM 34, ARTÀ, 1962. EL PONT DEL PENTINAT. P. RAFEL GINARD BAUÇÀ.
- REVISTA COANEGRA NÚM 274 (2009). GREIXONERA DE CAROTA I LLENGUA, JOAN ANDREU.
- REVISTA ENCRUIA, SÓLLER, (1982). SES MATANCES. N. RIPOLL.
- REVISTA ES SAIG, ALGAIDA, NÚM 152-153 (1993). ELS MOLINS FARINERS D'ALGAIDA: MOLINS DE SANG. MIQUEL SASTRE PUJOL "FIOLET".
- REVISTA FOGANYA, PORRERES, NÚM 0 (1989). RECORDS AMB DELIT. ANÓNIMO.
- REVISTA PÒRTULA: INFORMATIU CULTURAL DE MARRATXÍ, NÚMERO 76. (1988). PORTOLANS I SANTAMARIERS. PERE J. AMENGUAL I BESTARD.
- REVISTA SA COMARE BENETA, NÚM 8, (1982). SES MATANCES O PORQUEJADES. GLOSA. EL SANTPERE.
- REVISTA SA COMARE BENETA. NÚM 4 (1982). PEBRE COENT.
- REVISTA SANT JOAN, NÚM 216, (1988). UNA COSTUM ANTIGA QUE ENCARA PERDURA: SES MATANCES. JOAN JAUME.
- REVISTA SANT JOAN, NÚM. 187, (1986). PÓRTOL: OLLES... I PEBRES. PERE JOAN AMENGUAL I BESTARD. EXTRACTAT DE L'ARTICLE INÈDIT: EL POBLE DE LES OLLES, LA CIUTAT DE LA PAU I EL PEBRE
- UN INVIERNO EN MALLORCA. (1841). GEORGE SAND. EDITORIAL: JOSÉ TOUS, PALMA DE MALLORCA, 1932.

6.3 Diferenciación del *pebre vermell coent mallorquí*

En este apartado se pretenden evaluar las diferencias entre el *pebre vermell coent mallorquí*, elaborado con pimientos de la variedad cirereta, y el pimentón elaborado fuera de Mallorca de otras variedades. Para ello, se ha procedido a comparar las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (denominadas Mallorca) tanto comerciales (muestras CC) como de cultivo controlado (muestras CM), con las muestras de pimentón picante de otras variedades no cultivadas en Mallorca (muestras EXT, externas).

En primer lugar, se ha comparado la granulometría. En la Figura 6.5 se presenta la curva característica de la granulometría del *pebre vermell coent mallorquí* junto con la correspondiente al conjunto de muestras de pimentón picante externas. Pueden observarse diferencias importantes en las fracciones mayoritarias (fracciones 3 y 4) (tamaños entre 0.180 y 0.500 mm), de manera que el 57.7 % de las partículas de las muestras externas presentaron tamaños inferiores a 0.355 mm y solo el 33.5 % en el caso de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*, para el que el tamaño más frecuente fue el correspondiente a la fracción 4, con un 40.3 % de las partículas.

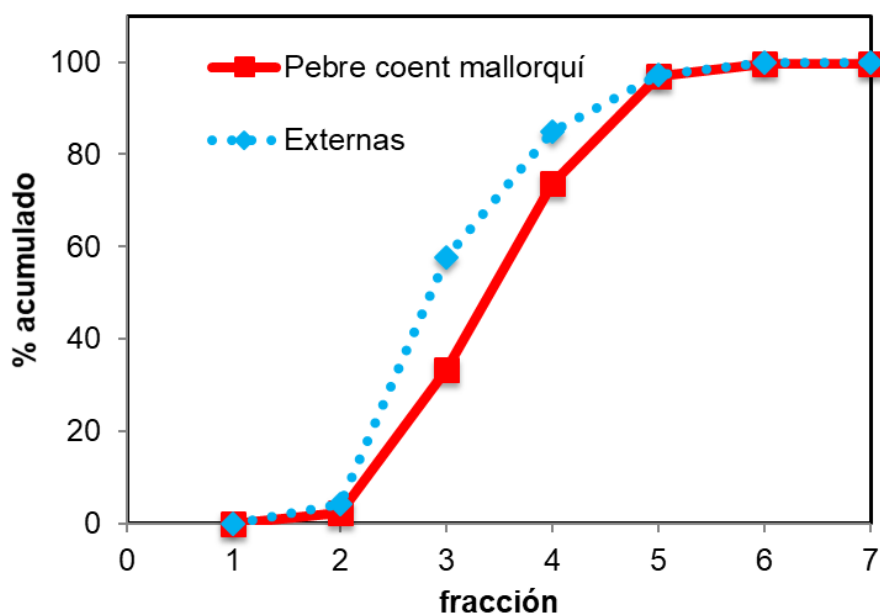


Figura 6.5. Curvas granulométricas características *pebre vermell coent mallorquí* y del pimentón picante externo.

A continuación, se ha llevado a cabo el estudio estadístico univariable, con el objeto de comparar los resultados obtenidos para cada variable físico-química en ambos grupos de muestras.

Se han representado en las Figura 6.6 a la Figura 6.12, para cada variable física, y de la Figura 6.13 a la Figura 6.31 para cada variable química, los diagramas de caja (box plots), que permiten visualizar y comparar los resultados obtenidos para las diferentes muestras (Mallorca y Externas).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables de color. Diagramas de caja.

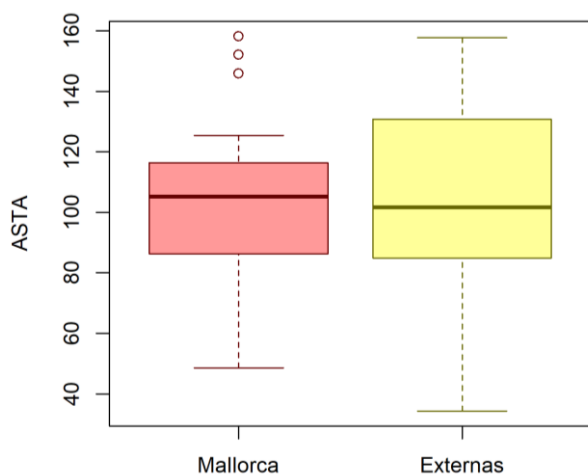


Figura 6.6. Color (ASTA).

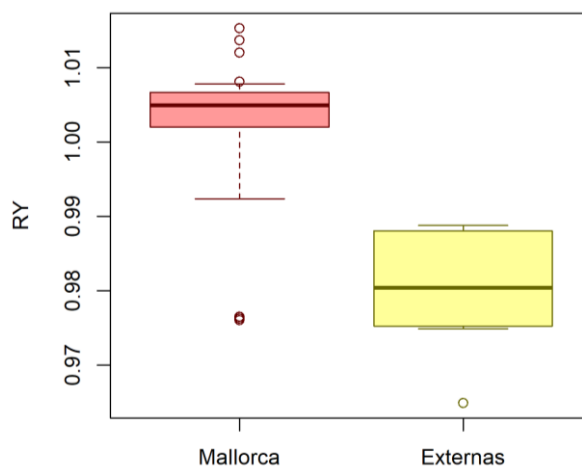


Figura 6.7. Color (R/Y).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables de color. Diagramas de caja. (Cont.)

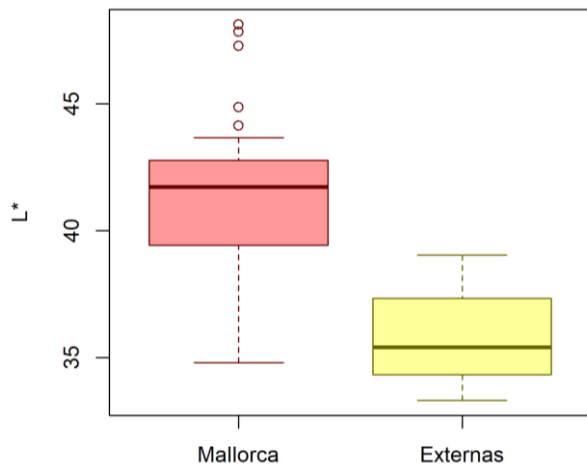


Figura 6.8. Coordenada de color L*.

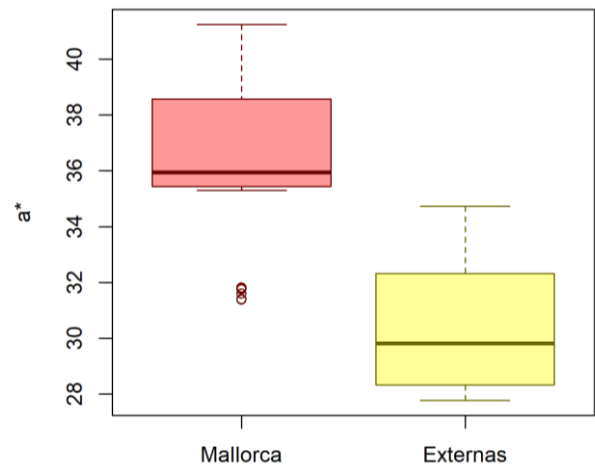


Figura 6.9. Coordenada de color a*.

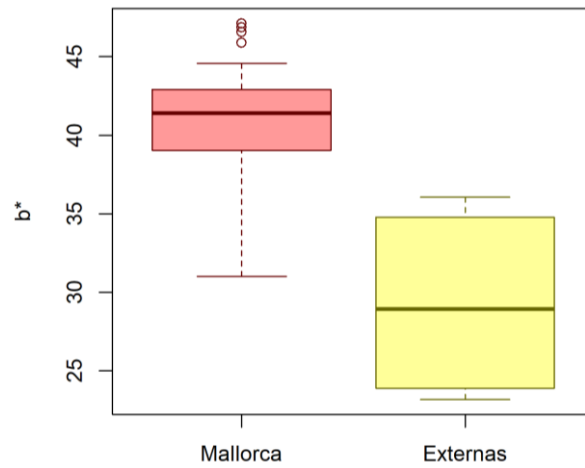


Figura 6.10. Coordenada de color b*.

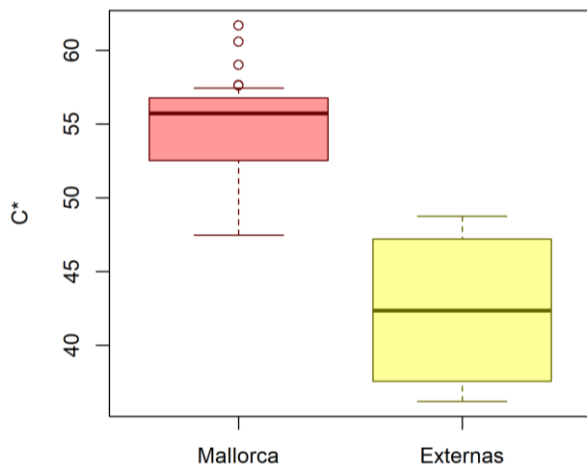


Figura 6.11. Croma (C*).

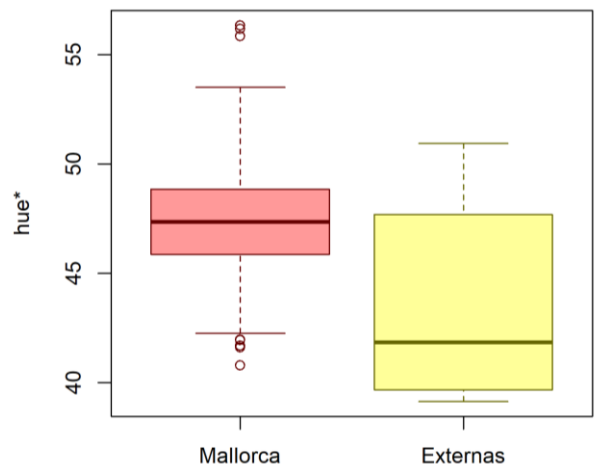


Figura 6.12. Tono de color (hue*).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables químicas. Diagramas de caja.

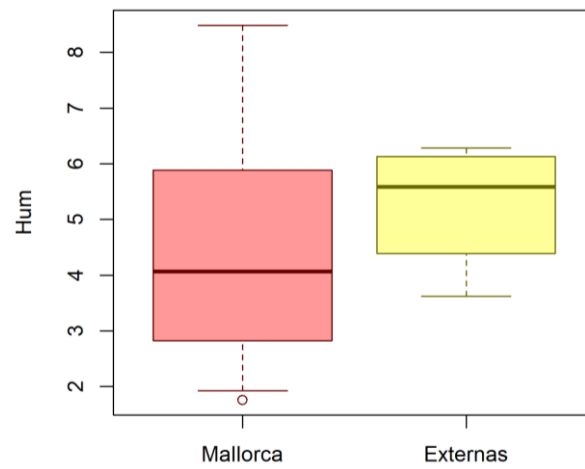


Figura 6.13. Contenido en humedad (%).

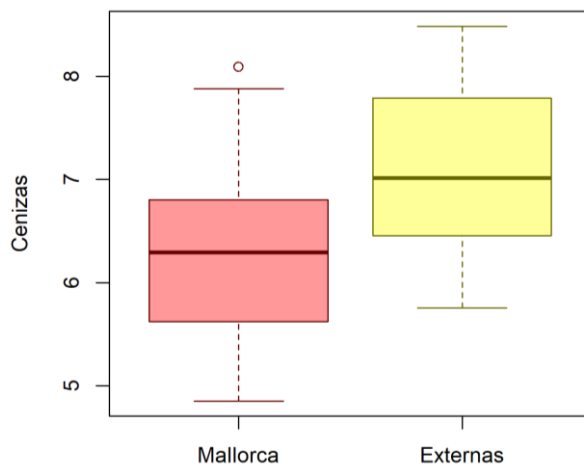


Figura 6.14. Cenizas totales (% ss).

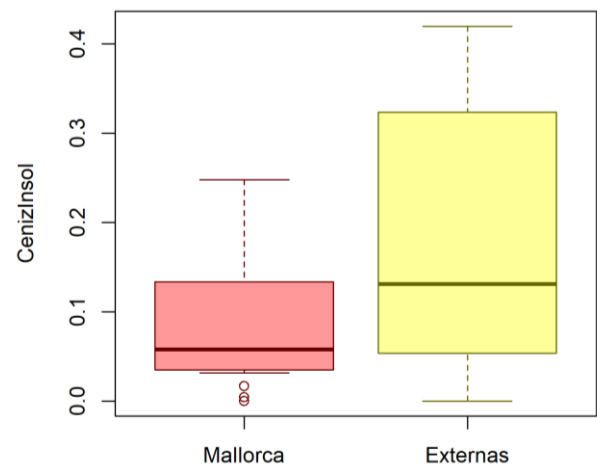


Figura 6.15. Cenizas insolubles (% ss).

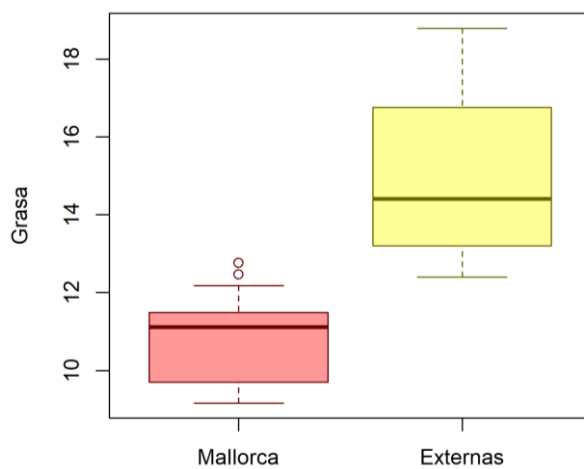


Figura 6.16. Grasa (% ss).

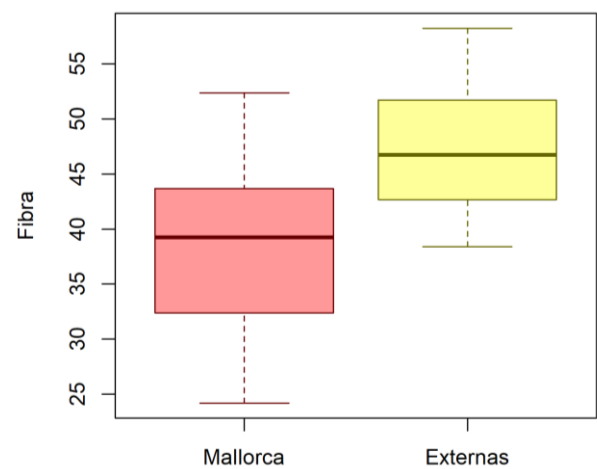


Figura 6.17. Fibra (% ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

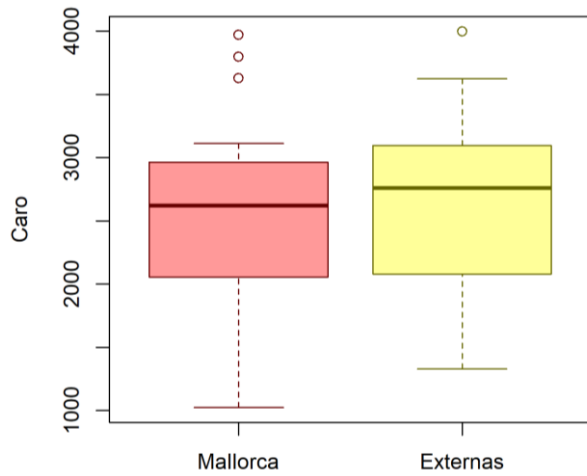


Figura 6.18. Carotenoides totales (ppm ss).

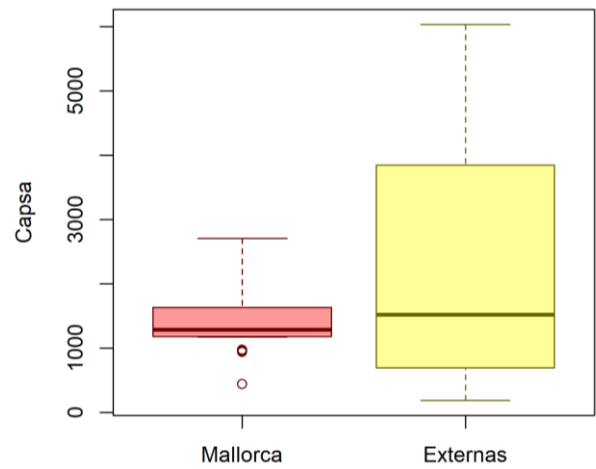


Figura 6.19. Capsaicinas totales (ppm ss).

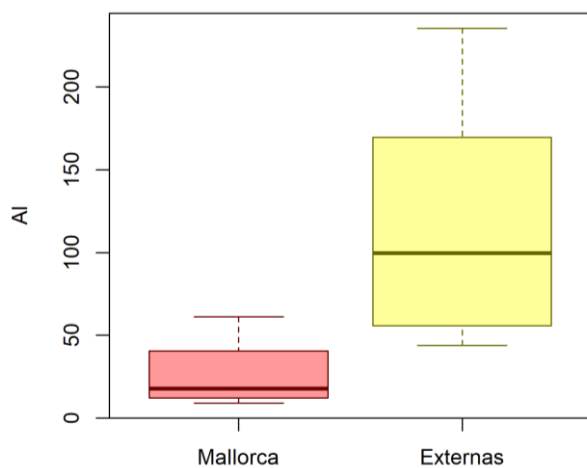


Figura 6.20. Contenido en Aluminio (ppm ss).

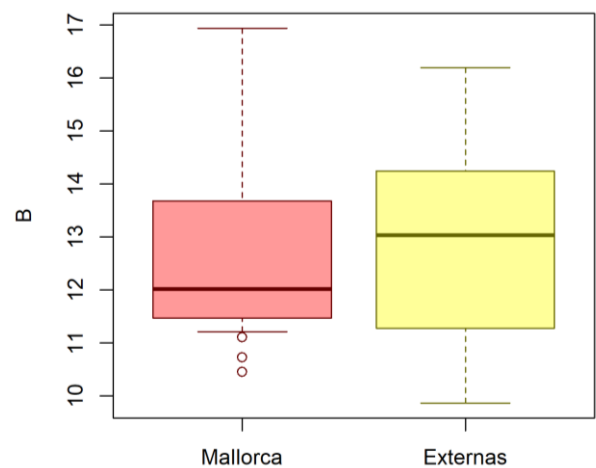


Figura 6.21. Contenido en Boro (ppm ss).

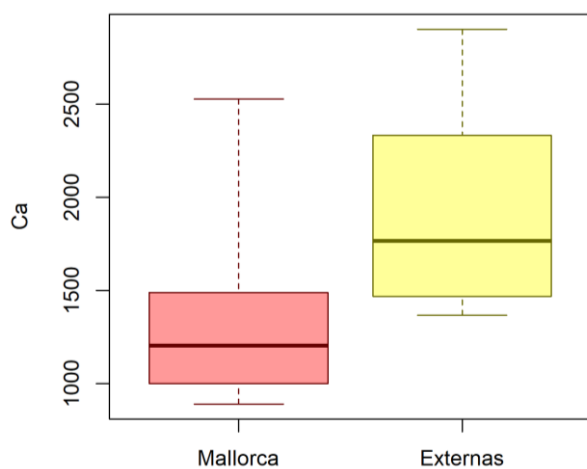


Figura 6.22. Contenido en Calcio (ppm ss).

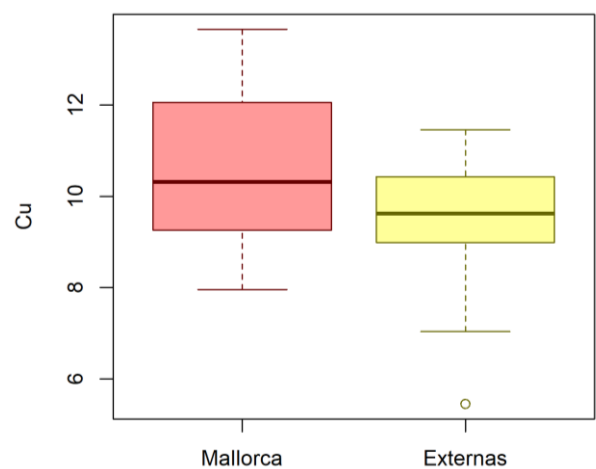


Figura 6.23. Contenido en Cobre (ppm ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

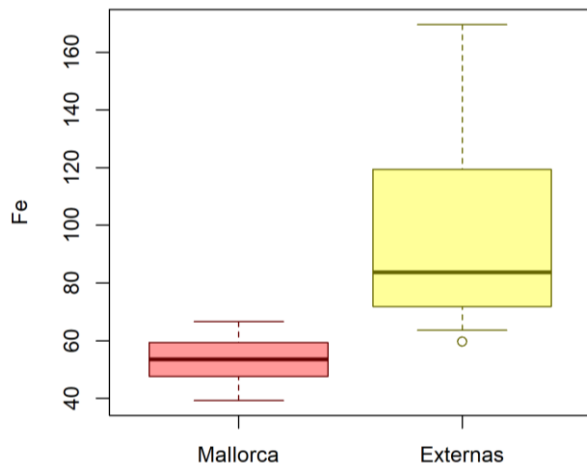


Figura 6.24. Contenido en Hierro (ppm ss).

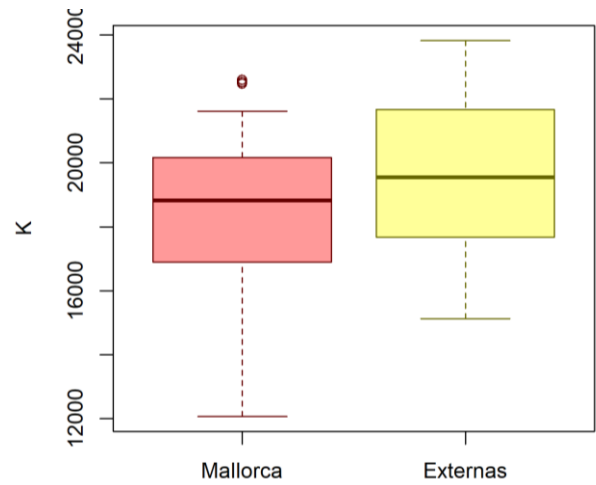


Figura 6.25. Contenido en Potasio (ppm ss).

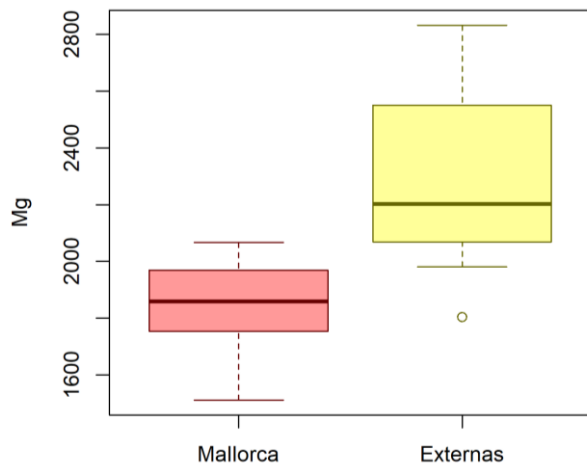


Figura 6.26. Contenido en Magnesio (ppm ss).

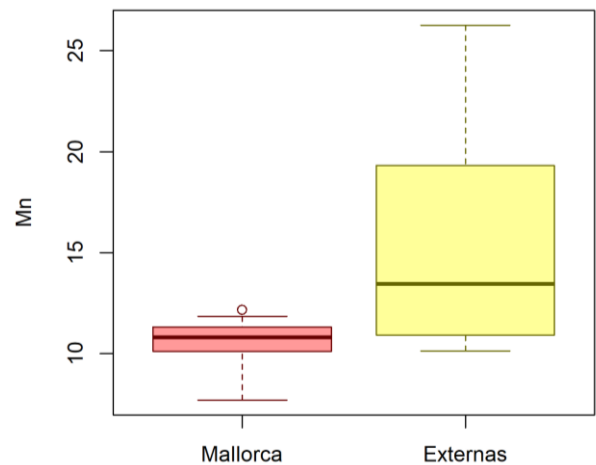


Figura 6.27. Contenido en Manganeso (ppm ss).

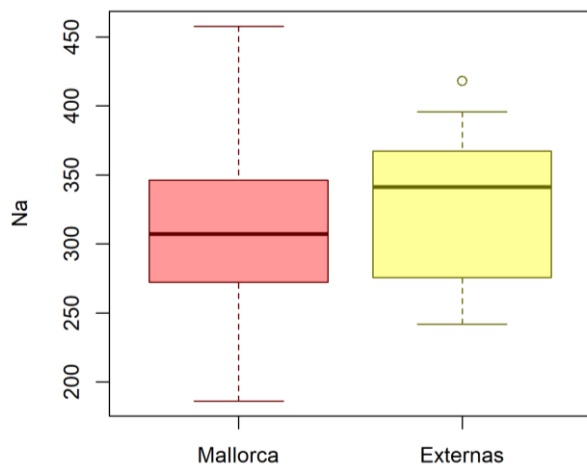


Figura 6.28. Contenido en Sodio (ppm ss).

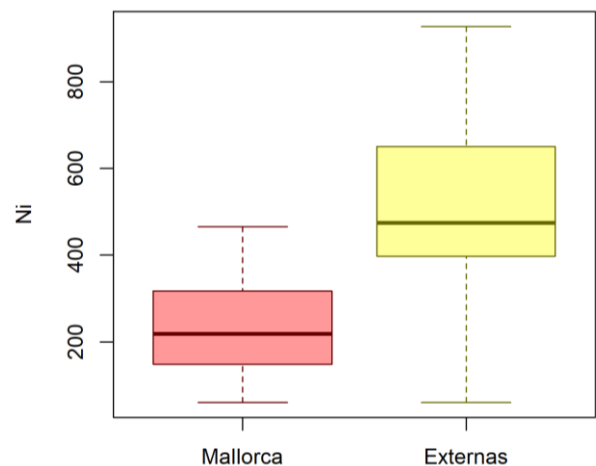


Figura 6.29. Contenido en Níquel (ppb ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* (MALLORCA) Y DE PIMENTÓN PICANTE EXTERNAS. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

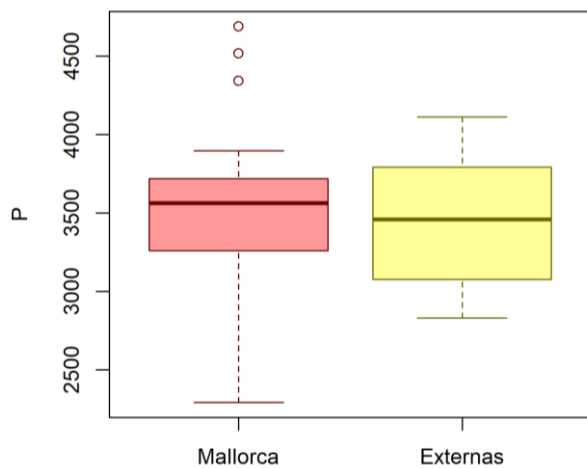


Figura 6.30. Contenido en Fósforo (ppm ss).

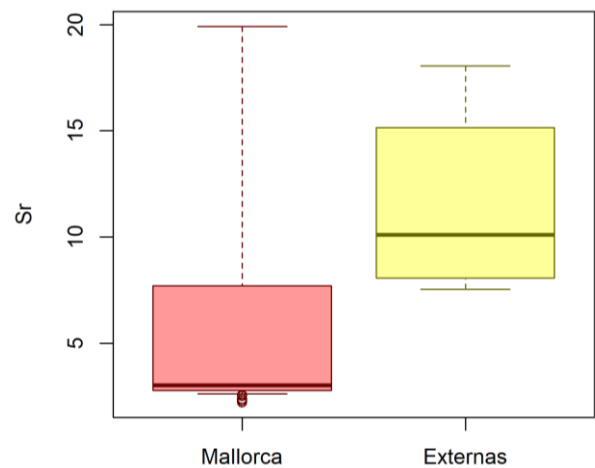


Figura 6.31. Contenido en Estroncio (ppm ss).

Para estudiar la significancia estadística de las posibles diferencias entre ambos conjuntos de muestras respecto a dichas variables, en primer lugar, se comprobó si los resultados obtenidos para cada variable en cada zona presentaban distribución normal. A continuación, se evaluó si presentaban homogeneidad en las varianzas (homocedasticidad)

Únicamente en 5 variables (L^* , Cenizas, Fibra, Na y Zn) de las 27 estudiadas, los resultados presentaron distribución normal y/o homocedasticidad. Por tanto, se optó por llevar a cabo el test robusto de Yuen (Yuen, 1974).

De acuerdo a los resultados del test de Yuen, que se muestran en la Tabla 6.7, se puede observar que se han encontrado ciertas diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras en función de su procedencia. Concretamente, los resultados obtenidos indican:

De las 27 variables analizadas, en 13 de ellas no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*, y el pimentón picante externo: en el color determinado en unidades ASTA y expresado como hue* a partir de las coordenadas CIELab*, y en los contenidos en humedad, cenizas insolubles, carotenoides totales, capsaicinas, boro, cobre, potasio, manganeso, sodio, fósforo y zinc.

En las restantes 14 variables analizadas, se obtuvieron bajos valores de p y elevados tamaños del efecto. En conjunto puede afirmarse que las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* son significativamente diferentes a las de otros pimentones picantes de procedencia externa, presentando mayores valores de color (en la relación R/Y y en las variables CIELab L^* , a^* , b^* y C^*), y menores contenidos en cenizas, grasa y fibra, aluminio, calcio, hierro, magnesio, níquel y estroncio.

En conclusión, las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y las de otros pimentones picantes elaborados con diferentes variedades y en diferentes entornos geográficos mostraron diferencias significativas entre ellas, en todo un conjunto de variables. Podría decirse que el *pebre vermell coent mallorquí* destaca por su luminosidad, color rojo anaranjado intenso, y contenidos inferiores en cenizas, grasa y fibra, que pueden ser debidos no únicamente a la variedad de pimiento empleado sino también al hecho de que, durante la elaboración, se retira y descarta el pedúnculo dejando solo parte de las semillas.

Tal y como se ha comentado anteriormente, variables representativas del color, el contenido en carotenoides totales, o la composición en grasa o fibra, están íntimamente relacionadas con la variedad de pimiento utilizado en la obtención del pimentón, así como del método de procesado. Por otro lado, la composición en ciertos elementos depende de su absorción por las plantas a través de diferentes rutas ambientales como el aire, el agua y el suelo, o bien durante el procesado, y puede contribuir a identificar y/o diferenciar entre muestras de pimentón originarias de distintas zonas geográficas (Brunner, Katona, Stefka, & Prohaska, 2010).

Tabla 6.7. Resultados del test de Yuen para la comparación entre grupos. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

VARIABLE	Valor p	Nivel significación	Tamaño del efecto	Clasificación efecto
Color (ASTA)	0.839	ns	0.12	mediano
Color (R/Y)	0.000	***	0.86	grande
L*	0.000	***	0.86	grande
a*	0.000	***	0.85	grande
b*	0.002	**	0.77	grande
C*	0.001	***	0.84	grande
hue*	0.083	ns	0.48	grande
Hum	0.166	ns	0.34	grande
Cenizas	0.036	*	0.60	grande
CenizInsol	0.198	ns	0.45	grande
Grasa	0.007	**	0.88	grande
Fibra	0.010	*	0.78	grande
Caro	0.699	ns	0.16	mediano
Capsa	0.607	ns	0.52	grande
Al	0.025	*	0.90	grande
B	0.551	ns	0.19	mediano
Ca	0.042	*	0.65	grande
Cu	0.177	ns	0.40	grande
Fe	0.040	*	0.83	grande
K	0.335	ns	0.23	mediano
Mg	0.007	**	0.91	grande
Mn	0.146	ns	0.82	grande
Na	0.392	ns	0.22	mediano
Ni	0.001	**	0.77	grande
P	0.692	ns	0.12	mediano
Sr	0.007	**	0.72	grande
Zn	0.335	ns	0.36	grande

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: no significativo

De acuerdo con la bibliografía, algunas variables podrían estar correlacionadas entre ellas. Por ejemplo, Ayuso et al. (2008) encontraron elevada correlación entre el color medido en grados ASTA y el contenido en carotenoides totales en pimentón, y Addala (2015), entre las coordenadas de color CIELab* y/o diferentes variables derivadas de ellas.

Los resultados de la matriz de correlaciones incluyendo todas las variables analizadas (27 variables), se muestra en la Figura 6.32. Matriz de correlaciones entre variables. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas. Las correlaciones más elevadas (mayores de 0.7 en

valor absoluto) se muestran, además, con la mayor intensidad de color, en azul para las correlaciones positivas y rojo para las negativas. Se han eliminado y por tanto se muestran en color blanco, las correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

- Como puede observarse en dicha figura (Figura 6.32), se han obtenido numerosas correlaciones elevadas (en valor absoluto) entre las variables, siendo las más elevadas, las obtenidas entre los siguientes grupos (algunas variables se encuentran en más de un grupo). Variables de color: correlaciones positivas entre las variables C^* y L^* (0.85), a^* (0.72) y b^* (0.93); la variable R/Y se correlaciona únicamente con la variable de color a^* (0.76) de forma positiva, aunque también presenta correlaciones negativas elevadas con los contenidos en grasa (-0.64) y Sr (-0.67), si bien, no alcanzan éstas correlaciones el valor de -0.70.
- Las variables ASTA y Caro presentan elevada correlación positiva (0.98) y éstas a su vez, presentaron correlaciones negativas con la variable hue* (0.71)
- Minerales: correlaciones positivas entre Fe y Al (0.90), Ca (0.72), Mg (0.79) y Ni (0.85); entre B y Zn (0.80); Mg y Mn (0.81); Al y Ca (0.75) y Ni (0.81)
- Correlaciones positivas entre el contenido en cenizas y Ni (0.73)
- Correlaciones positivas entre el contenido en cenizas insolubles y Ca (0.81)
- Correlaciones positivas entre el contenido en grasa y Al (0.83) y Fe (0.78)
- Correlaciones negativas entre el contenido en Sr y a^* (-0.73)
- Los contenidos en fibra, humedad, Cu, K, Na, P no presentaron correlaciones mayores de 0.70 con ninguna variable, si bien se observan numerosas correlaciones significativas.
- Finalmente, el contenido en capsaicinas no se correlacionó con ninguna otra variable de manera significativa.

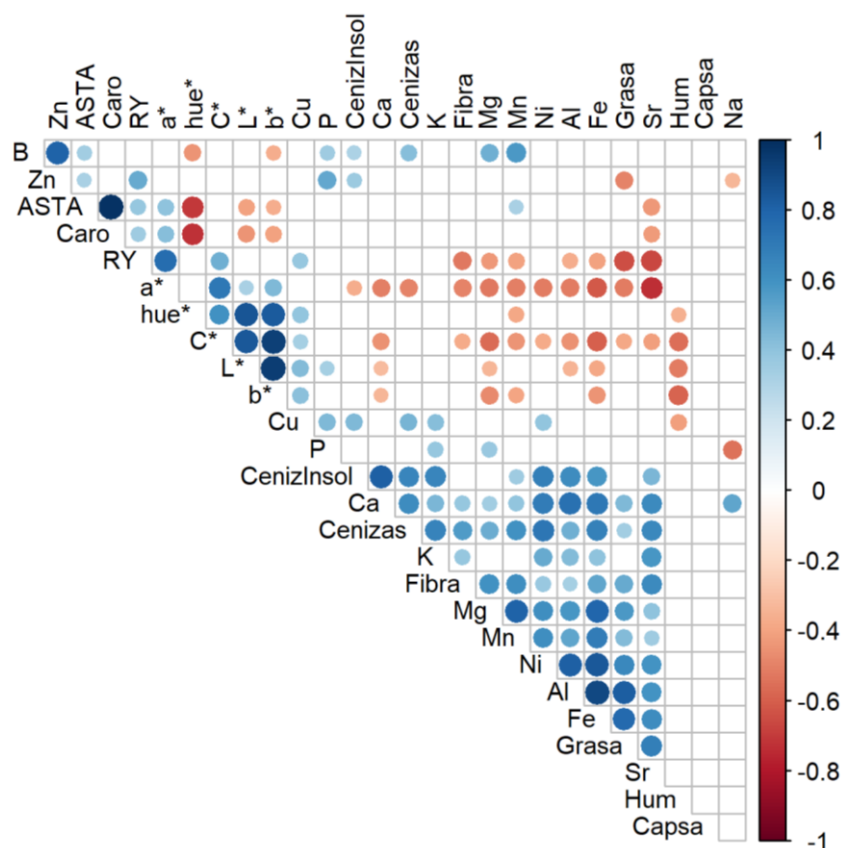


Figura 6.32. Matriz de correlaciones entre variables. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

Para facilitar la discusión, en la Figura 6.33 se muestra la matriz de correlaciones que contiene únicamente las 13 variables que presentaron diferencias significativas entre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y las muestras de pimentón picante externas.

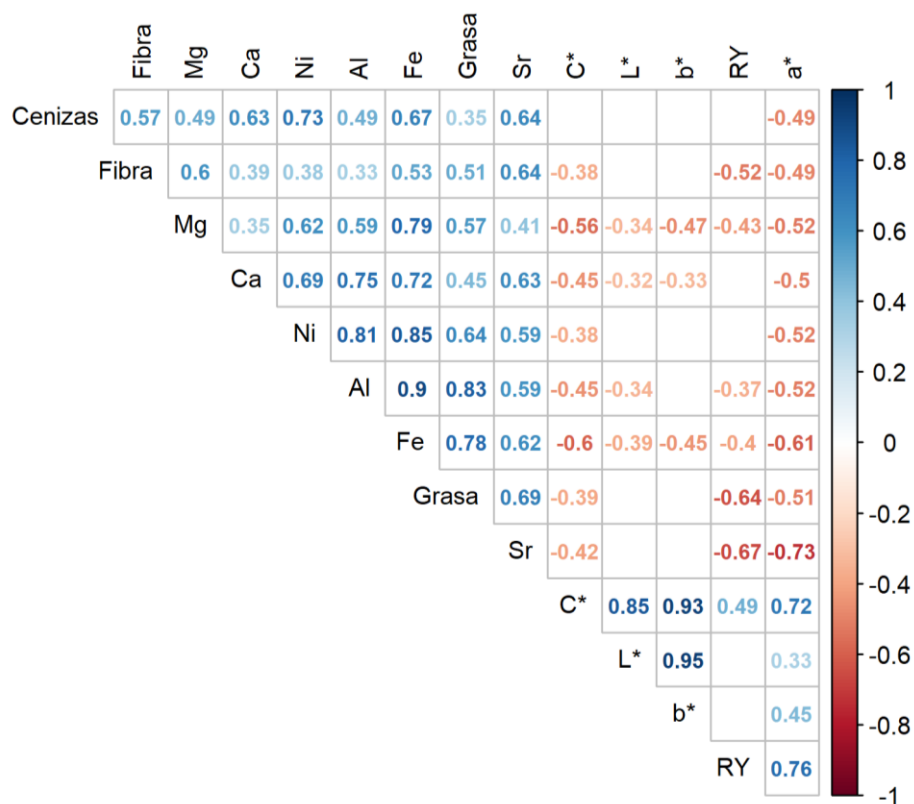


Figura 6.33. Matriz de correlaciones entre variables que presentaron diferencias significativas entre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

6.3.1 Análisis de componentes principales (ACP)

NOTA: El ACP no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos.

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis de componentes principales (ACP). A partir del conjunto de las 27 variables estudiadas, se descartaron aquellas 13 que no presentaron diferencias significativas entre ambos conjuntos de muestras (*pebre coent mallorquí* y pimentones picantes externos). Así, el ACP se realizó con las variables: **RY, L*, a*, b*, C*, Cenizas, Grasa, Fibra, Al, Ca, Fe, Mn, Ni y Sr**.

Dicho análisis se llevó a cabo utilizando la función PCA del paquete de R FactoMineR, escalando previamente las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen la misma desviación estándar, por lo tanto, todas las variables tienen el mismo peso.

En la Tabla 6.8 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales y la Figura 6.34 muestra la contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). La línea roja discontinua indica el valor medio de contribución. Para una determinada componente, una variable con una contribución mayor a este límite puede considerarse importante a la hora de contribuir a esta componente. Como puede observarse, la mayoría de las variables presentaron coeficientes elevados en el primer componente principal, mientras que, en el segundo, las variables con mayor contribución

fueron las variables de color L^* y b^* y el contenido en Sr. La variable de color C^* presenta elevadas contribuciones en ambos componentes principales (Dim 1 y Dim2).

Tabla 6.8. ACP. Coeficientes de los tres primeros componentes principales. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

	Dim1	Dim2	Dim3
RY	-0.630	-0.265	0.643
L^*	-0.550	0.788	-0.004
a^*	-0.809	-0.173	0.299
b^*	-0.740	0.628	-0.007
C^*	-0.858	0.408	0.103
Cenizas	0.622	0.394	0.421
Grasa	0.575	0.156	-0.523
Fibra	0.733	0.252	-0.040
Al	0.921	-0.092	0.124
Ca	0.796	0.150	0.423
Fe	0.930	-0.056	0.090
Mg	0.857	-0.003	-0.057
Ni	0.857	0.075	0.285
Sr	0.738	0.511	0.089

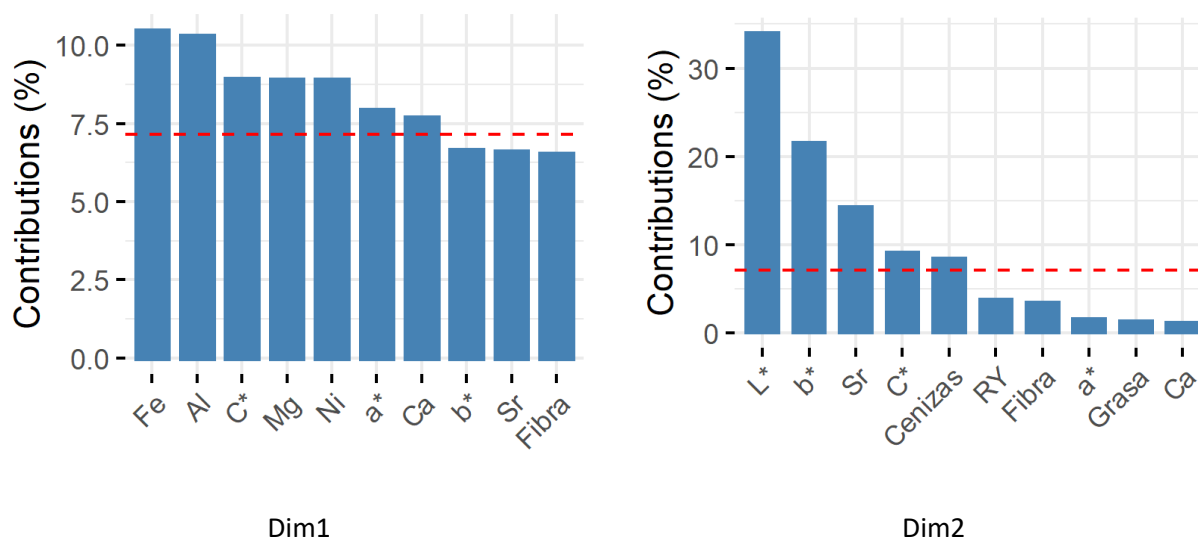


Figura 6.34. Contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). ACP. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

En la Tabla 6.9 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los 10 primeros componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 58.9 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 13 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 72 % de la varianza. La Figura 6.35 muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal mediante un scree plot (función `fviz_screplot` del paquete `factoextra` de R). Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 81 % de la varianza.

Tabla 6.9. ACP. Porcentaje de varianza explicada por los 10 primeros componentes principales.

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	% Varianza Explicada Acumulada
1	8.3	58.9	58.9
2	1.8	13.0	71.9
3	1.3	9.0	80.9
4	0.8	5.9	86.8
5	0.6	4.2	91.0
6	0.5	3.4	94.4
7	0.4	2.6	97.0
8	0.2	1.4	98.4
9	0.1	0.6	99.0
10	0.1	0.6	99.6

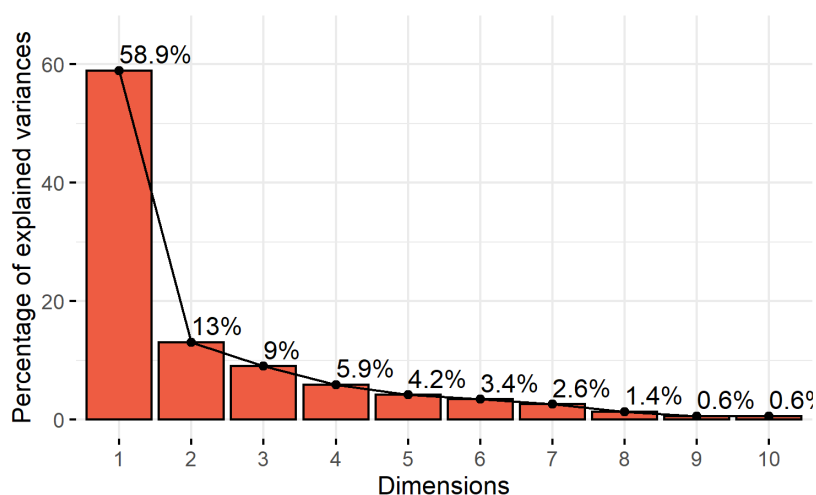


Figura 6.35. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

En la Figura 6.36 se representan las variables en el espacio Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra).

Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los dos primeros componentes). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno ($\cos^2$) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del $\cos^2$ sobre todos los componentes

principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de $\cos^2$ sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

Se observa como las variables Grasa, Fibra, Cenizas y todos los minerales se localizan en la parte positiva del primer componente principal, la mayoría (excepto Al, Mg y Fe) hacia la parte positiva del segundo componente principal (cuadrante I). El contenido en Fe se localiza sobre el eje horizontal mostrando su prácticamente nula contribución a Dim2. En cuanto a las variables de color, todas ellas se localizan hacia valores negativos de Dim1, L^* , b^* y C^* hacia la zona positiva de Dim2 (cuadrante IV), y R/Y y a^* hacia la zona negativa (cuadrante III). Por otro lado, se observa que las variables Grasa, R/Y , Cenizas y Fibra, son las que se sitúan más cerca del origen y por tanto las que menos contribución aportan a la representación.

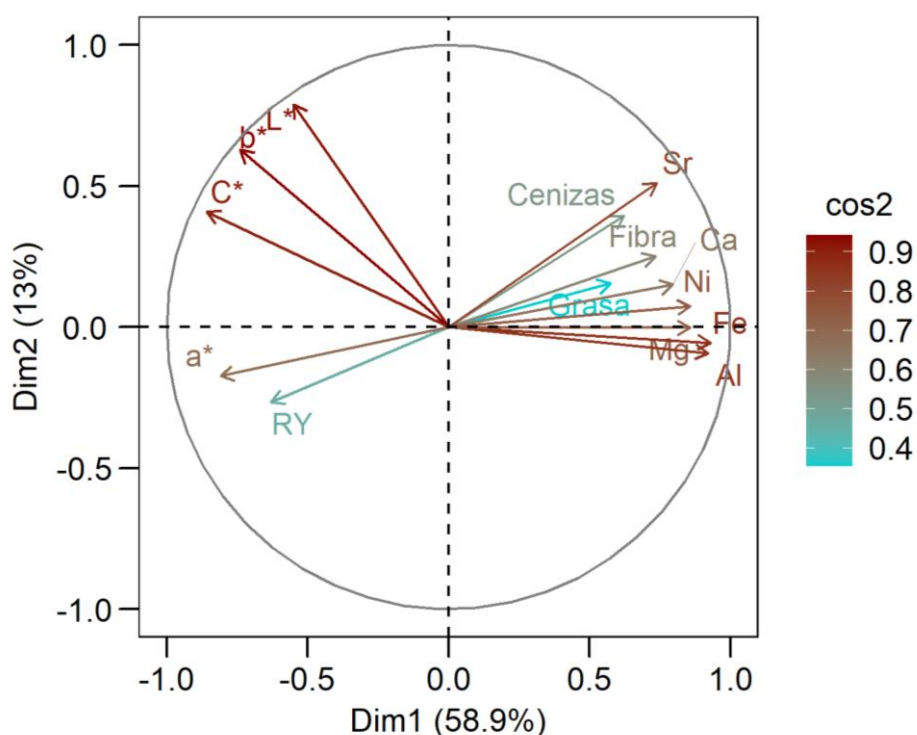


Figura 6.36. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

En la Figura 6.36 se representan las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra).

Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más

contribuyen en los dos primeros componentes). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno ($\cos^2$) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del $\cos^2$ sobre todos los componentes principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de $\cos^2$ sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

Con respecto a las muestras, en la figura pueden observarse los posibles agrupamientos. Puntuaciones próximas representan observaciones de similares características. Además, la relación de las muestras con las variables se puede estudiar proyectando las observaciones sobre la dirección de los vectores.

En la Figura 6.37 se puede observar que cuando se representan las muestras de pimentón en el espacio formado por el primer (Dim1) y segundo (Dim2) componente principal, éstas se agrupan en diferentes zonas según su origen. Las muestras de origen externo a Mallorca se concentran en el II cuadrante o muy cerca de él por encima, con valores positivos de Dim1 y negativos de Dim2

Las muestras de pebre coent mallorquí, se distribuyen principalmente en los cuadrantes III y IV, presentando valores negativos de Dim1, salvo una muestra que se coloca en el cuadrante I, un poco alejada del resto, pero también de todas ls muestras externas.

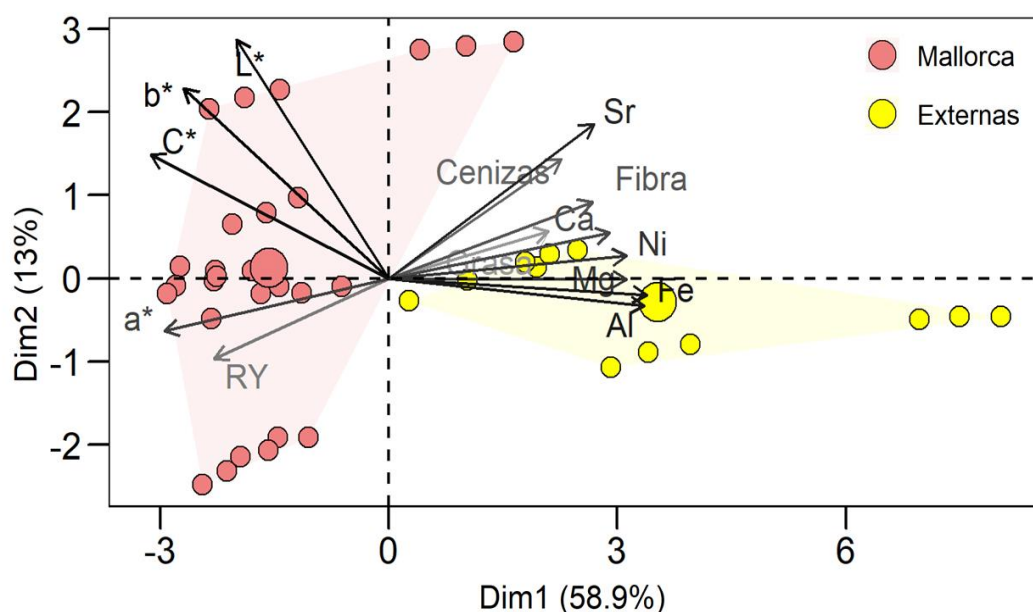


Figura 6.37. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* (Mallorca) y de pimentón picante externas.

Por lo tanto, mediante el ACP se puede concluir que el mayor porcentaje de varianza entre ambos grupos de muestras explicada (58.9 %) corresponde al primer componente principal (Dim1), y que este componente permite diferenciar claramente entre la mayoría de muestras de pebre coent mallorquí y las de pimentón picante externas. Si bien la contribución de diferentes variables a este componente es alta, destacan las variables de color (valores negativos) y los contenidos en Al, Fe, Mg, Ni y Ca (valores positivos). Por tanto, las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* tendrán:

- R/Y ↑: mayor contribución del color rojo en relación al amarillo

- L^* , a^* y b^* ↑: más luminosas y con mayor contribución de amarillo y rojo
- Contenidos en grasa y fibra ↓: consecuencia, probablemente del menor proporción de semillas en el producto
- Contenido inferior en cenizas y en diferentes minerales como Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Ni y Sr ↓

6.3.2 Influencia del medio geográfico

En este apartado se pretende evaluar la existencia de diferencias entre el pebre coent elaborado con pimientos de la variedad cirereta de cultivo controlado en la isla de Mallorca (Mallorca), y el pimentón obtenido con pimientos de la misma variedad de cultivo controlado realizado en la Península (Península). Para ello, se han empleado los resultados obtenidos en las determinaciones de las diferentes variables sobre las muestras CM (muestras de pimentón elaborado con pimientos de la variedad *cirereta* cultivados en Mallorca) y CP (muestras de pimentón elaborado con pimientos de la variedad *cirereta* cultivados en la Península).

En primer lugar, se ha comparado la granulometría. En principio, y dado que se ha seguido exactamente la misma metodología de producción para obtener ambos conjuntos de muestras, no deberían observarse diferencias en este parámetro.

En la Figura 6.38 se presenta la curva característica de la granulometría del pebre coent de Cirereta cultivado en Mallorca junto con la correspondiente cultivado en la Península. Puede observarse una gran similitud entre ambas curvas.

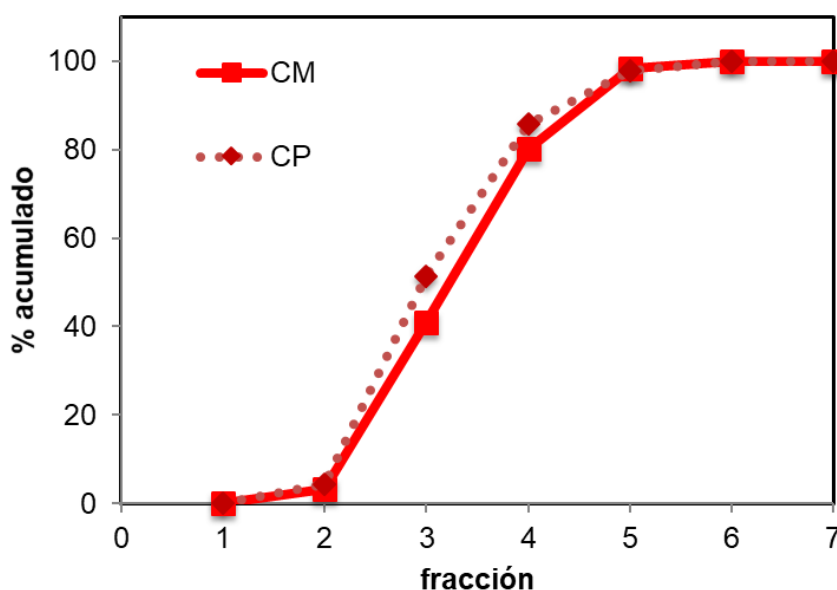


Figura 6.38. Curvas granulométricas características del *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y cultivado en la Península.

A continuación, se ha llevado a cabo el estudio estadístico univariable, con el objeto de comparar los resultados obtenidos para cada variable físico-químico en ambos grupos de muestras.

Se han representado de la Figura 6.39 a la Figura 6.45, para cada variable física, y de la Figura 6.46 a la Figura 6.65 para cada variable química, los diagramas de caja (box plots), que permiten visualizar y comparar los resultados obtenidos para las diferentes muestras (cultivadas en Mallorca y en la Península). Tanto para llevar a cabo las representaciones, como para estudiar la significancia estadística de las posibles diferencias

entre ambos conjuntos de muestras respecto a dichas variables, se ha seguido la misma metodología descrita anteriormente para comparar las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y las externas.

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables físicas. Diagramas de caja.

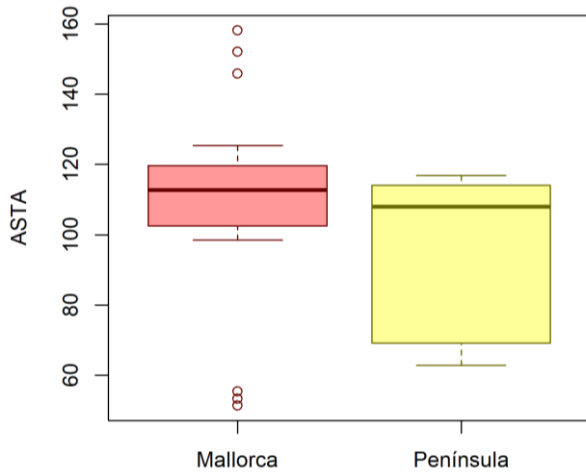


Figura 6.39. Color (ASTA).

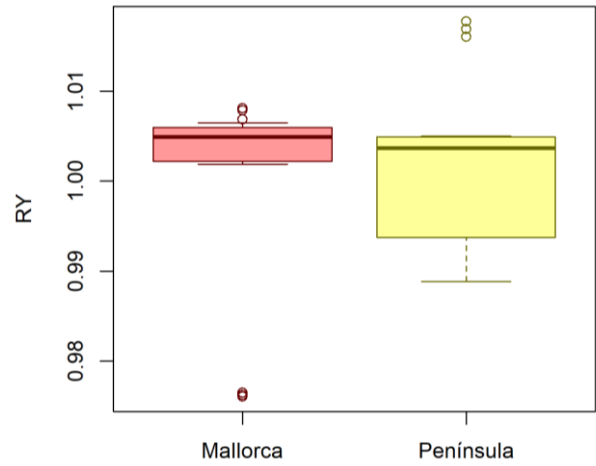


Figura 6.40. Color (R/Y).

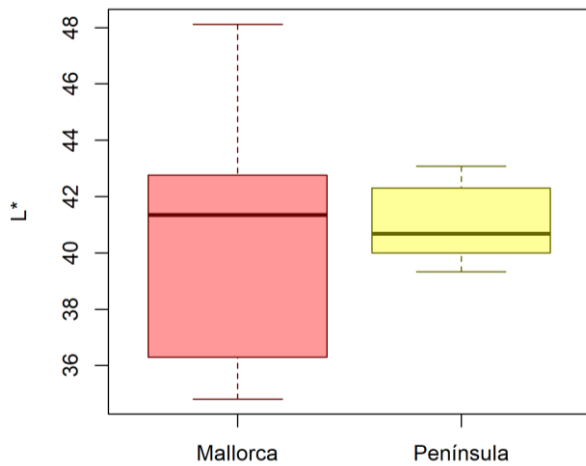


Figura 6.41. Coordenada de color L*.

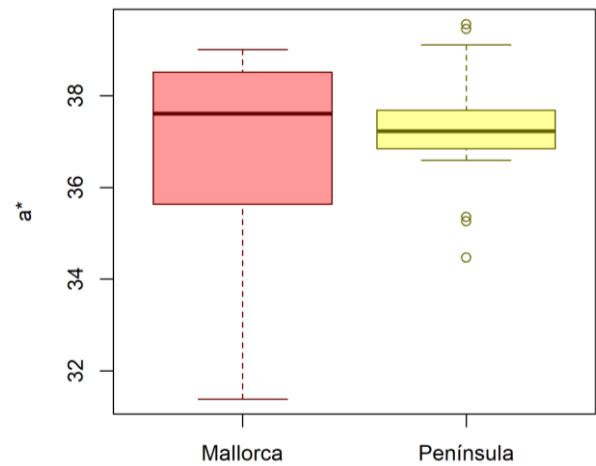


Figura 6.42. Coordenada de color a*.

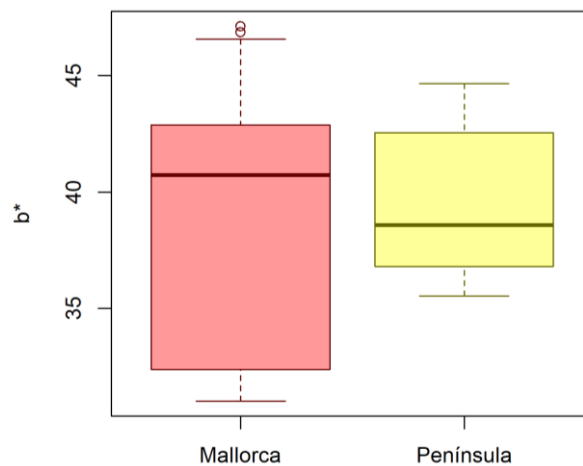


Figura 6.43. Coordenada de color b*.

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables físicas. Diagramas de caja. (Continuación).

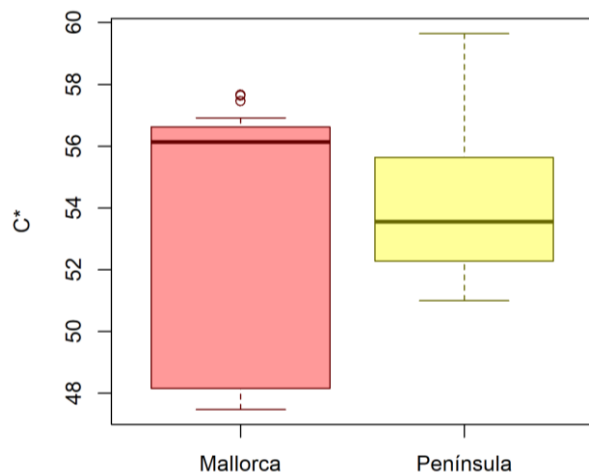


Figura 6.44. Croma (C*).

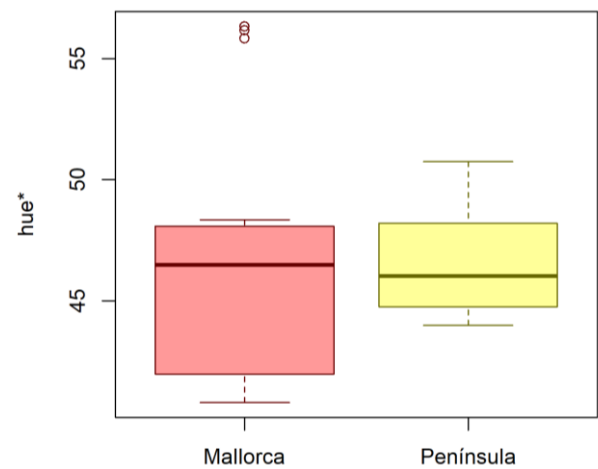


Figura 6.45. Tono de color (hue*).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables químicas. Diagramas de caja.

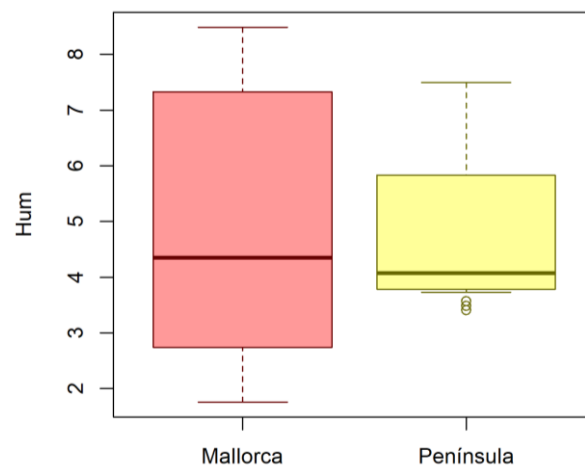


Figura 6.46. Contenido en humedad (%).

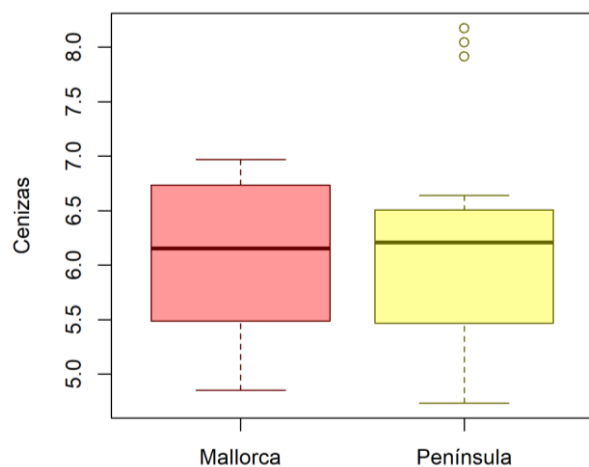


Figura 6.47. Cenizas totales (% ss).

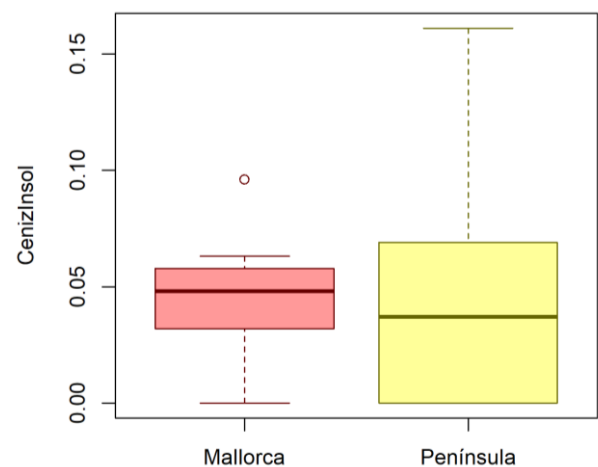


Figura 6.48. Cenizas insolubles (% ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

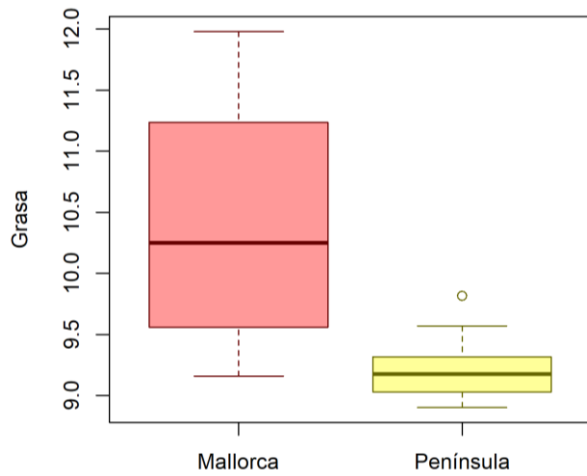


Figura 6.49. Grasas (% ss).

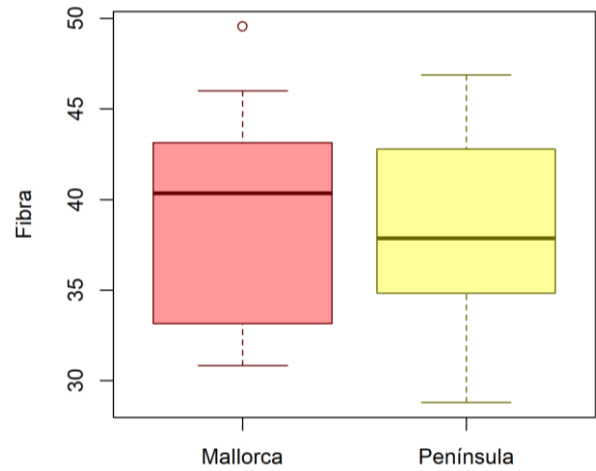


Figura 6.50. Fibra (% ss).

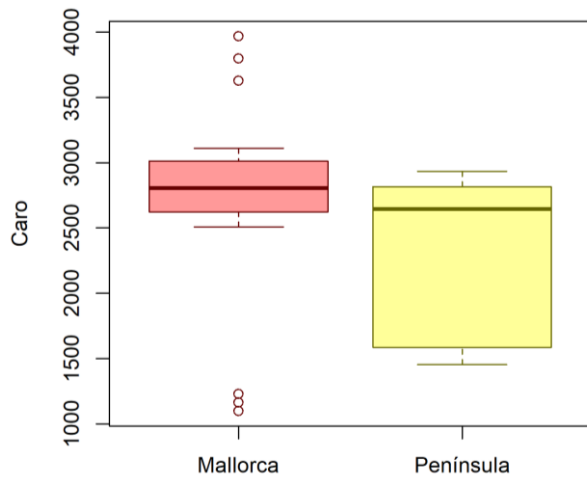


Figura 6.51. Carotenoides totales (ppm ss)

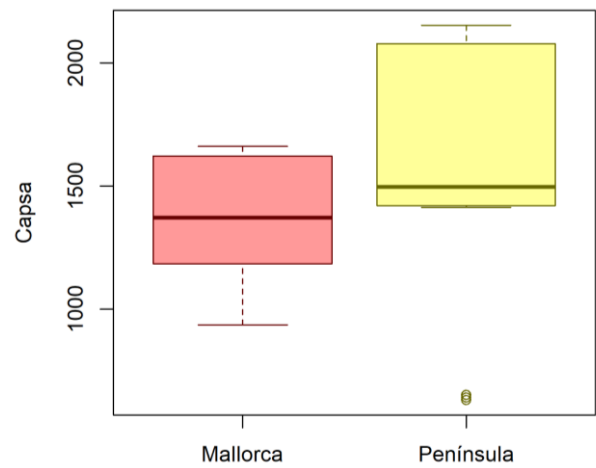


Figura 6.52. Capsaicinas (ppm ss).

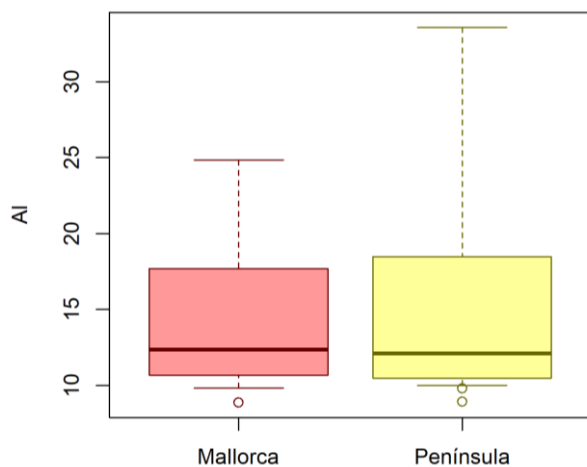


Figura 6.53. Contenido en Aluminio (ppm ss).

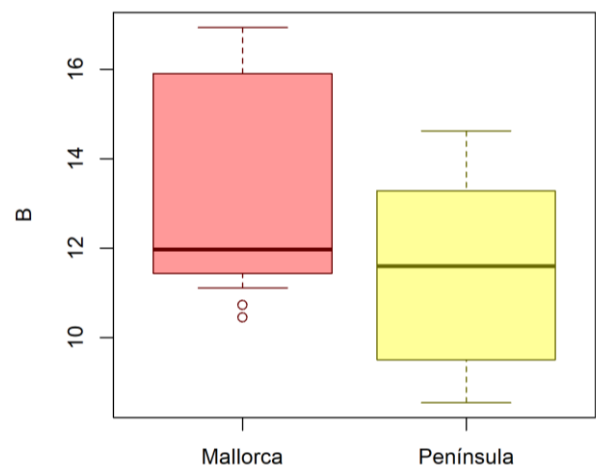


Figura 6.54. Contenido en Boro (ppm ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

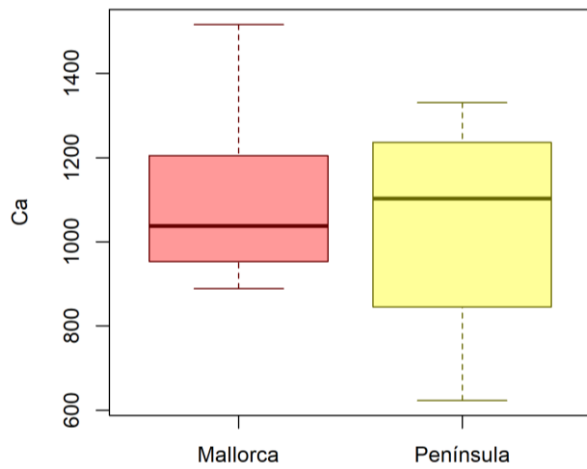


Figura 6.55. Contenido en Calcio (ppm ss).

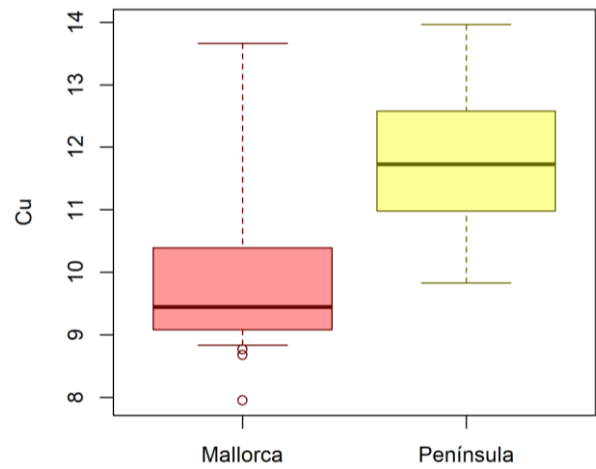


Figura 6.56. Contenido en Cobre (ppm ss).

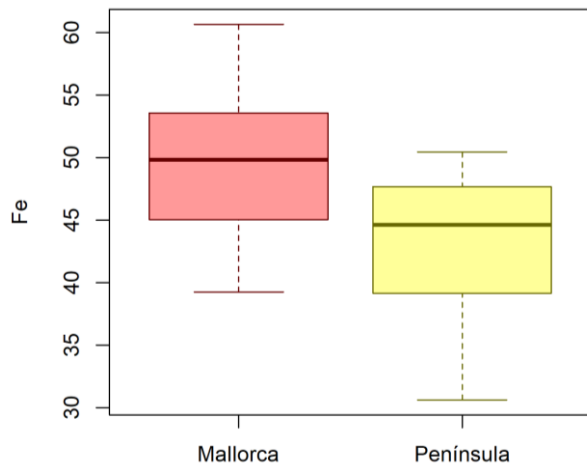


Figura 6.57. Contenido en Hierro (ppm ss).

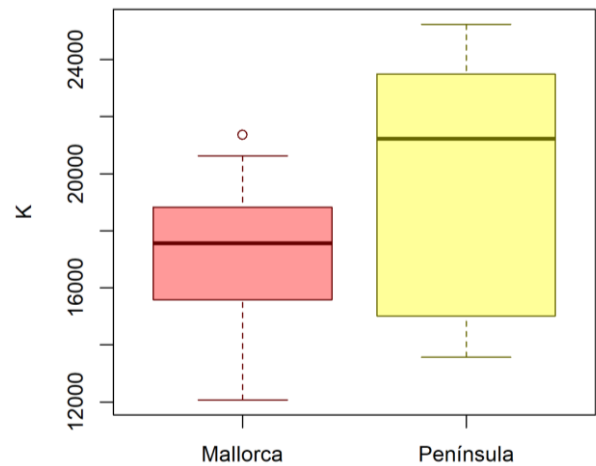


Figura 6.58. Contenido en Potasio (ppm ss).

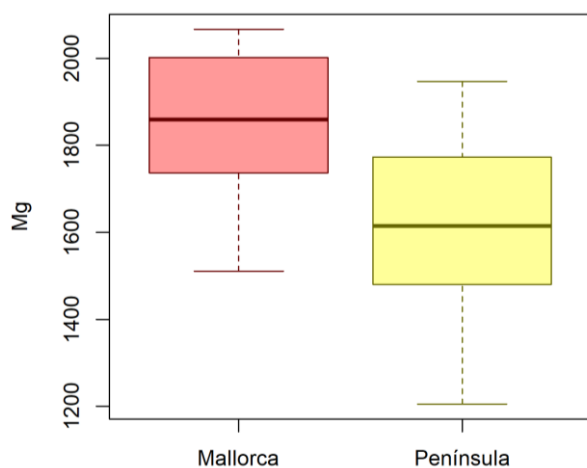


Figura 6.59. Contenido en Magnesio (ppm ss).

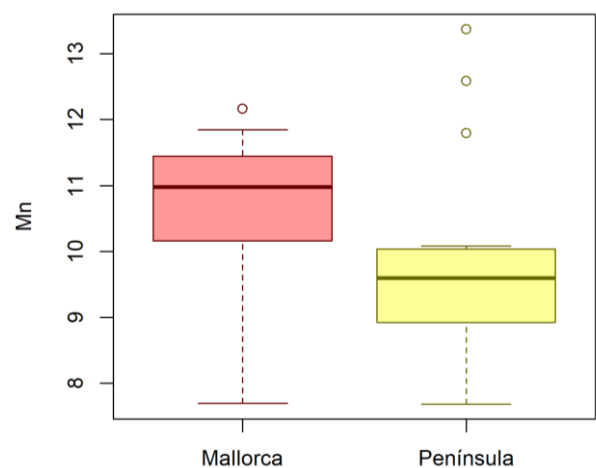


Figura 6.60. Contenido en Manganeso (ppm ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT* CULTIVADO EN MALLORCA Y EN LA PENÍNSULA. Variables químicas. Diagramas de caja. (Continuación).

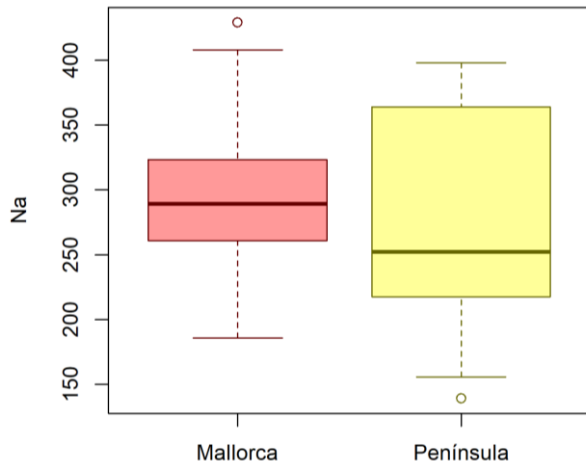


Figura 6.61. Contenido en Sodio (ppm ss).

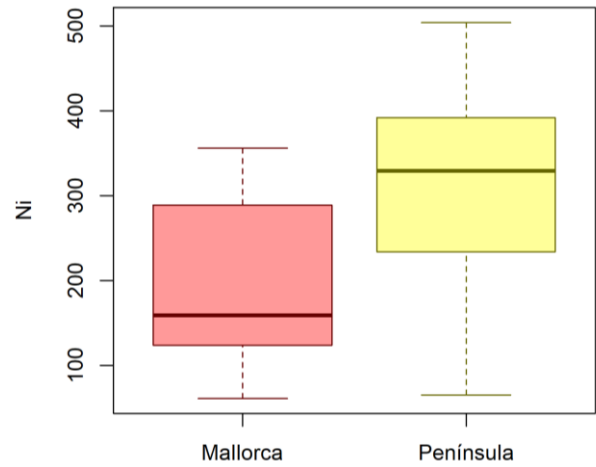


Figura 6.62. Contenido en Niquel (ppb ss).

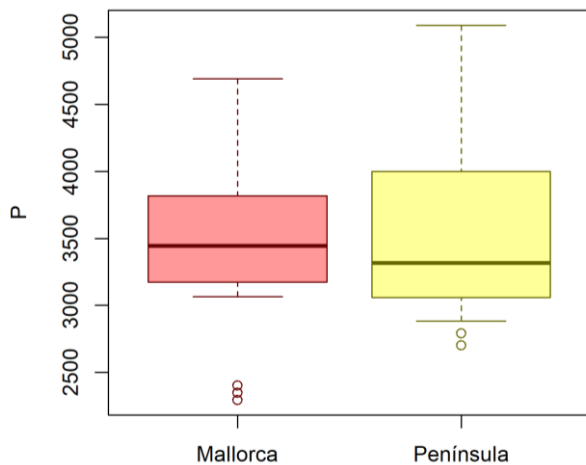


Figura 6.63. Contenido en Fósforo (ppm ss).

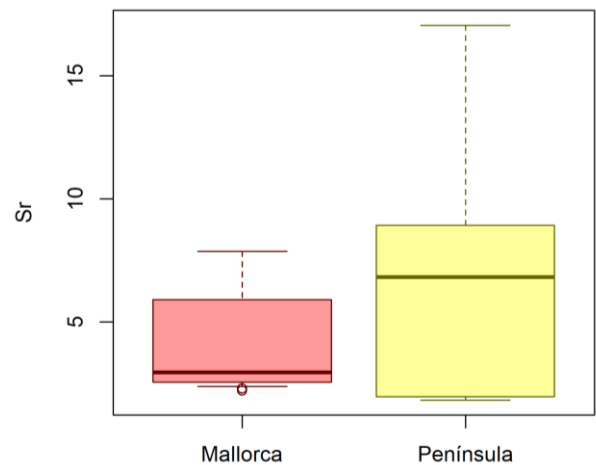


Figura 6.64. Contenido en Estroncio (ppm ss).

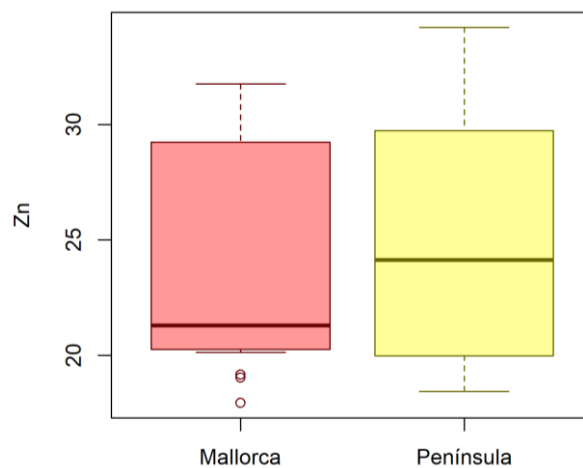


Figura 6.65. Contenido en Zinc (ppm ss).

De las 27 variables estudiadas, 7 (L*, Cenizas, Fibra, Fe, Mg, Na y Ni) presentaron distribución normal y 24 homocedasticidad. Sin embargo, solamente 6 variables presentaron ambas condiciones (Cenizas, Fibra, Fe, Mg, Na y Ni). Por tanto, se optó por llevar a cabo el test robusto de Yuen (Yuen, 1974). De nuevo, los valores del tamaño del efecto 0.10, 0.30 y 0.50 corresponden a tamaños de efecto pequeño, mediano y grande, respectivamente. Los resultados del test de Yuen se muestran en la Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Resultados del test de Yuen para la comparación entre grupos. Muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y cultivado en la Península.

VARIABLE	Valor p	Nivel significación	Tamaño del efecto	Clasificación efecto
Color (ASTA)	0.15	ns	0.30	grande
Color (R/Y)	0.15	ns	0.28	mediano
L*	0.61	ns	0.21	mediano
a*	0.89	ns	0.03	pequeño
b*	0.99	ns	0.01	pequeño
C*	0.77	ns	0.10	pequeño
hue*	0.63	ns	0.15	mediano
Hum	0.77	ns	0.06	pequeño
Cenizas	0.94	ns	0.02	pequeño
CenizInsol	0.46	ns	0.19	mediano
Grasa	0.00	**	0.85	grande
Fibra	0.78	ns	0.07	pequeño
Caro	0.08	ns	0.35	grande
Capsa	0.08	ns	0.61	grande
Al	0.95	ns	0.02	pequeño
B	0.25	ns	0.38	grande
Ca	0.93	ns	0.03	pequeño
Cu	0.00	***	0.73	grande
Fe	0.01	*	0.67	grande
K	0.07	ns	0.46	grande
Mg	0.00	**	0.77	grande
Mn	0.00	***	0.64	grande
Na	0.59	ns	0.13	mediano
Ni	0.00	**	0.74	grande
P	0.78	ns	0.07	pequeño
Sr	0.05	ns	0.49	grande
Zn	0.52	ns	0.16	mediano

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: no significativo

Se puede observar en la Tabla 6.10 que se han encontrado algunas diferencias entre las muestras de *pebre vermell coent* obtenido de pimientos Cirereta cultivados en Mallorca, y los cultivados en la Península:

- De las 27 variables analizadas, no se encontraron diferencias significativas en 21 variables: todas las variables de color (ASTA, R/Y, L*, a*, b*, C* y hue*), contenidos en humedad, cenizas totales, cenizas insolubles, fibra, carotenos totales y capsaicinas, contenidos en los minerales Al, B, Ca, K, Na, P, Sr y Zn.

- En las 6 de las variables restantes, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$). En conjunto puede afirmarse que las muestras de *pebre vermell coent* obtenido de pimientos cirereta cultivados en Mallorca son significativamente diferentes a las muestras de pimentón obtenidas de los pimentones de la misma variedad cultivados en la Península, únicamente en su contenido en grasa y en ciertos minerales (Cu, Fe, Mg, Mn y Ni).

En conclusión, se encontraron escasas diferencias significativas entre las muestras de *pebre coent* de cirereta cultivado en Mallorca y las muestras de pimentón elaborado con cirereta cultivado en la península. Dado que ambos conjuntos de muestras fueron obtenidos mediante idéntico proceso a partir de pimientos cultivados en diferentes regiones, las diferencias encontradas en ciertas variables deben estar relacionadas básicamente con variables climatológicas como la pluviosidad, temperatura o la insolación, y con las características del terreno de cultivo.

Para evaluar la existencia de correlaciones entre variables, se muestra la matriz de correlaciones en la Figura 6.66. Las correlaciones más elevadas se muestran con la mayor intensidad de color, en azul para las correlaciones positivas y rojo para las negativas. Se han eliminado y por tanto se muestran en color blanco, las correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

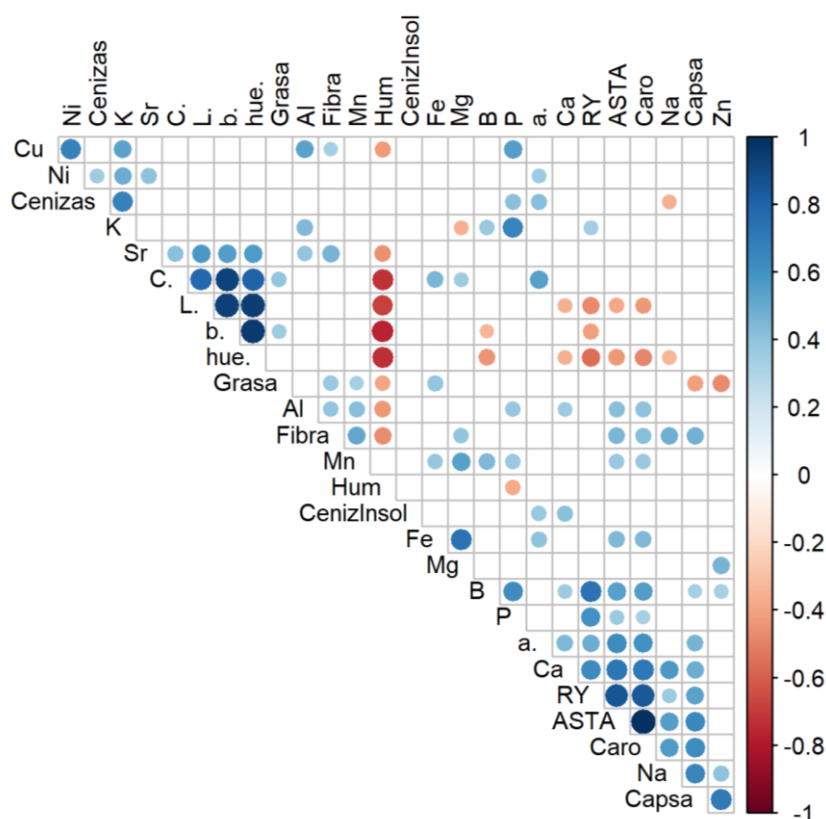


Figura 6.66. Matriz de correlaciones entre variables. Muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y en la Península.

Como puede observarse en dicha figura, se han obtenido algunas correlaciones mayores de 0.7 (en valor absoluto) entre las variables, siendo las más elevadas, las obtenidas entre los siguientes grupos (algunas variables se encuentran en más de un grupo):

- Variables de color: correlaciones positivas entre las variables C* y L* (0.78), b* (0.92) y hue* (0.81); la variable R/Y se correlaciona de forma positiva con el color en grados ASTA (0.85), el contenido en carotenos totales (0.85) y en B (0.73).
- Las variables ASTA y Caro presentan elevada correlación positiva (0.99), y éstas a su vez con el contenido en Ca (0.72)
- Minerales: correlaciones positivas entre Fe y Mg (0.73).
- Correlaciones negativas entre el contenido en humedad y las variables de color C* (-0.72), b* (-0.76) y hue* (-0.74).
- Correlación positiva (0.70) entre los contenidos en capsaicinas y Zn.
- La variable de color a* y los contenidos en grasa, cenizas, cenizas insolubles, fibra, Al, Cu, K, Mn, Na, Ni, P y Sr no presentaron correlaciones mayores de 0.70 con ninguna variable, si bien se observan numerosas correlaciones significativas.

Para facilitar la discusión, en la Figura 6.67 se muestra la matriz de correlaciones que contiene únicamente las 6 variables que presentaron diferencias significativas entre las muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y cultivado en la Península. Como puede observarse en dicha tabla, los contenidos en grasa y manganeso no presentaron elevados coeficientes de correlación con ninguna otra variable. Las correlaciones entre los contenidos en Cu y Ni (0.73); y entre Fe y Mg (0.73) fueron elevadas y positivas.

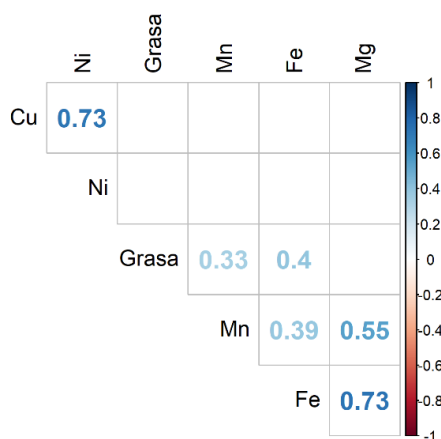


Figura 6.67. Matriz de correlaciones entre variables que presentaron diferencias significativas entre las muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y cultivado en la Península.

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis de componentes principales (ACP). A partir del conjunto de las 27 variables estudiadas, se descartaron las 21 que no presentaron diferencias significativas entre ambos conjuntos de muestras (*pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y cultivado en la península). Así, el ACP se ha realizado con las variables: **grasa, Cu, Fe, Mg, Mn y Ni**.

Dicho análisis se llevó a cabo utilizando la función PCA del paquete de R FactoMineR, escalando previamente las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen la misma desviación estándar, por lo tanto, todas las variables tienen el mismo peso.

En la Tabla 6.11 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales y la Figura 6.68 muestra la contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). La

línea roja discontinua indica el valor medio de contribución. Para una determinada componente, una variable con una contribución mayor a este límite puede considerarse importante a la hora de contribuir a esta componente. Como puede observarse, las variables Grasa, Fe, Mg y Mn presentaron coeficientes elevados y positivos en el primer componente principal; mientras que, en el segundo, las variables con mayor contribución fueron las variables de contenido en Cu y Ni.

Tabla 6.11. ACP. Coeficientes de los tres primeros componentes principales. Muestras de pebre coent de cirereta cultivadas en Mallorca y en la Península.

	Dim1	Dim2	Dim3
Grasa	0.658	-0.030	0.671
Cu	0.033	0.923	0.181
Fe	0.882	0.050	0.117
Mg	0.853	-0.050	-0.351
Mn	0.628	0.346	-0.412
Ni	-0.250	0.916	-0.031

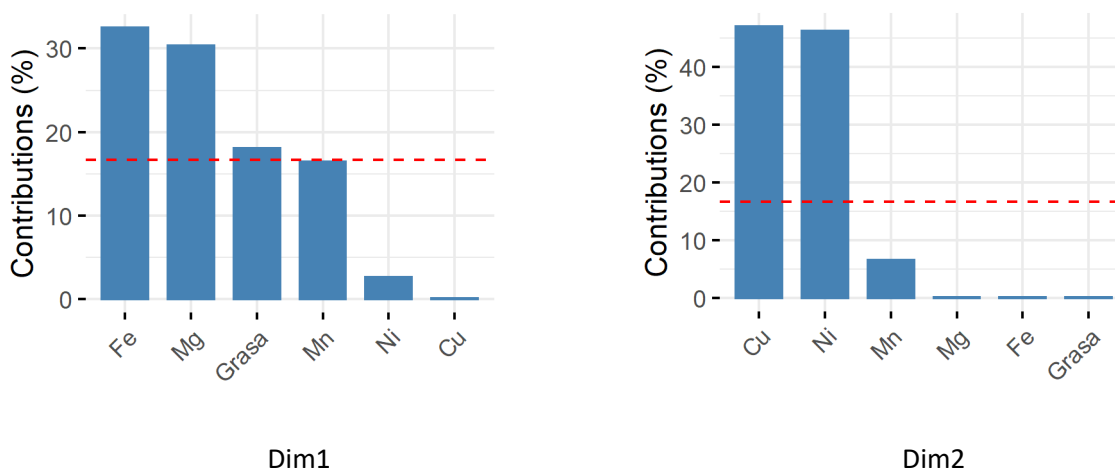


Figura 6.68. ACP. Contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en Mallorca y en la Península.

En la Tabla 6.12 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 39.9 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 30.3 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 70 % de la varianza. La Figura 6.69 muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal. Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 83.4 % de la varianza.

Tabla 6.12. ACP. Porcentaje de varianza explicada por componentes principales. Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en Mallorca y en la Península.

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	% Varianza Explicada Acumulada
1	2.4	39.9	39.9
2	1.8	30.3	70.2
3	0.8	13.2	83.4
4	0.6	10.6	93.9
5	0.2	3.4	97.4
6	0.2	2.6	100.0

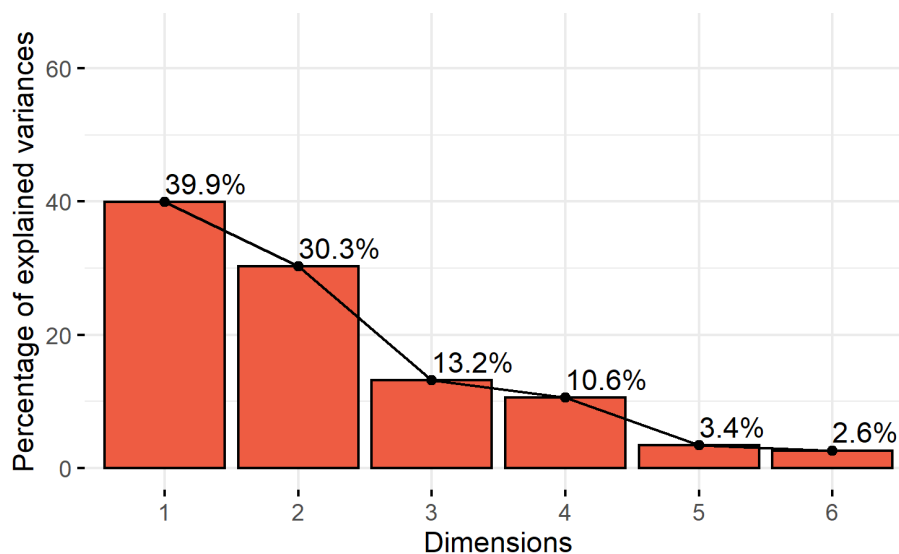


Figura 6.69. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras de *pebre vermell coent* de cirereta cultivadas en Mallorca y en la Península.

En la Figura 6.70 se representan las variables en el espacio Dim2-Dim1.

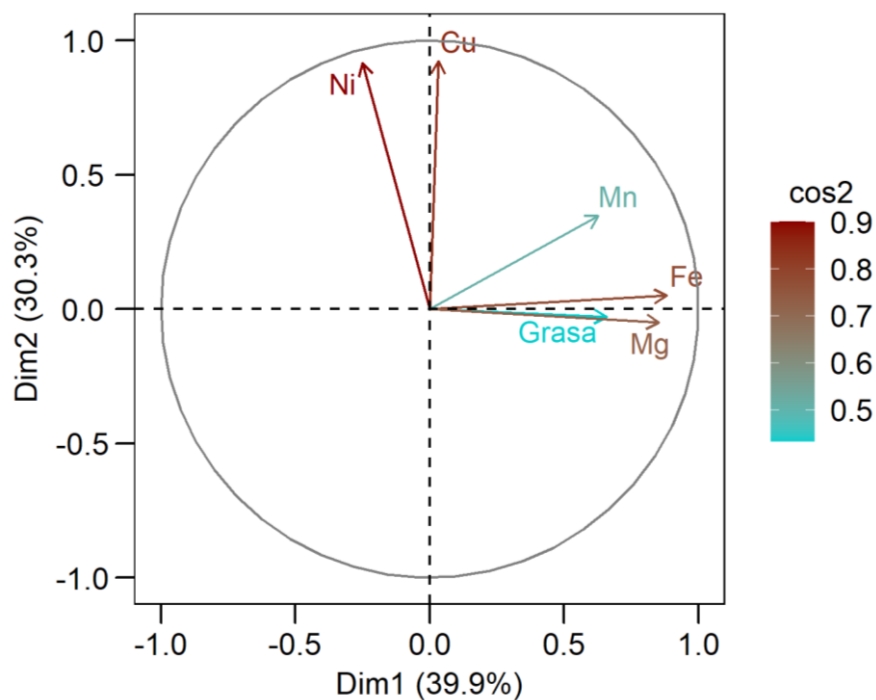


Figura 6.70. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en Mallorca y en la Península.

Se observa como las variables Grasa, Mg y Fe se localizan en la parte positiva del primer componente principal (Dim1), las variables Cu y Ni, hacia la parte positiva del segundo componente principal (Dim2), y la variable Mn, a unos 30º por encima del primer componente Dim1, indicando su participación en ambos

componentes principales (Dim1 y Dim2), aunque superior en Dim1. Las variables Grasa y Mn son las que se sitúan más cerca del origen y por tanto las que menos contribución aportan a la representación.

En la Figura 6.71 se representan las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim2-Dim1 mediante un biplot, representación conjunta de variables y los muestras. En cuanto a las variables, se reproduce la información mostrada en la figura 5.70.

En la Figura 6.71 se puede observar que cuando se representan las muestras de *pebre vermell coent* en el espacio formado por el primer (Dim1) y segundo (Dim2) componente principal, éstas se agrupan en diferentes zonas según la zona de cultivo. Las muestras cultivadas en Mallorca se localizan por debajo de la bisectriz entre los cuadrantes I y III, es decir, con valores positivos de Dim1 y algunas muestras, con valores negativos tanto en Dim1 como en Dim2. Por otro lado, las muestras cultivadas en la península se concentran principalmente en el IV cuadrante y parte superior del cuadrante III, con valores negativos en Dim1 y positivos o ligeramente negativos de Dim2. Los dos grupos de muestras presentan agrupaciones claramente diferentes.

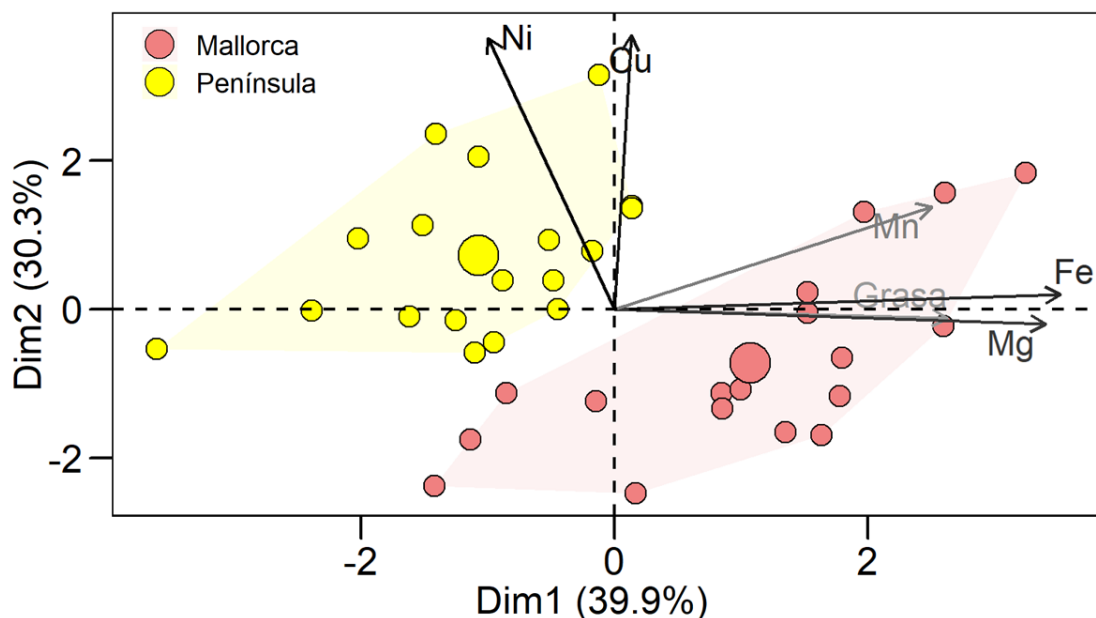


Figura 6.71. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras de *pebre vermell coent* cultivadas en Mallorca y en la Península.

A partir de estos resultados, se puede concluir que la diferenciación entre muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y las de la península se debió únicamente a su contenido en grasa y a los contenidos en ciertos minerales, esto último tal y como cabía esperar, resultado principalmente de la composición del terreno, factor determinante de la cantidad y variedad de minerales que la planta puede asimilar.

Por tanto, las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*, en relación a las cultivadas en la península, tendrán:

- Contenido en grasa ↑
- Contenidos en Fe, Mg y Mn ↑
- Contenidos en Cu y Ni ↓

Naccarato, Furia, Sindona, & Tagarelli (2016) estudiaron la posibilidad de diferenciar mediante análisis estadístico multivariable, entre pimientos picantes de Calabria y otros de diferentes orígenes (de Europa, Asia y África) usando la composición en minerales. Las variables que permitieron la autenticación fueron los contenidos en diferentes elementos minerales entre los que se encuentran hierro y aluminio, además de otros que se encuentran en más baja proporción.

6.3.3 Factor climático

Para evaluar la influencia del factor climático sobre el cultivo del pimiento de cirereta, se solicitaron a la Agencia Estatal de Meteorología, los datos meteorológicos correspondientes a los meses de junio-noviembre de los años 2017 a 2019.

Dado que la temporada de cultivo de las muestras CM y CP fue durante el año 2017, entre junio y noviembre, de la Figura 6.72. Temperatura mínima (°C). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019. a la Figura 6.79 se muestra, para cada mes, la temperatura mínima (Figura 6.72) y máxima (Figura 6.73), la humedad relativa mínima (Figura 6.74) y máxima (Figura 6.75), la precipitación acumulada (Figura 6.76), la radiación (Figura 6.77) y la insolación (Figura 6.78) registradas por las estaciones más cercanas a las zonas de cultivo de las muestras CM (Mallorca) y CP (Península).

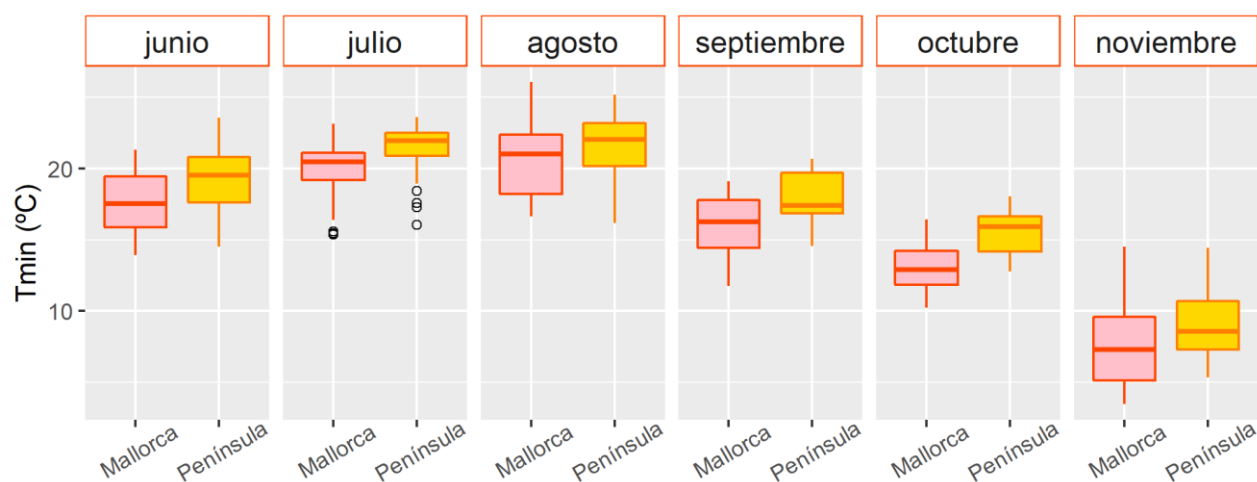


Figura 6.72. Temperatura mínima (°C). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

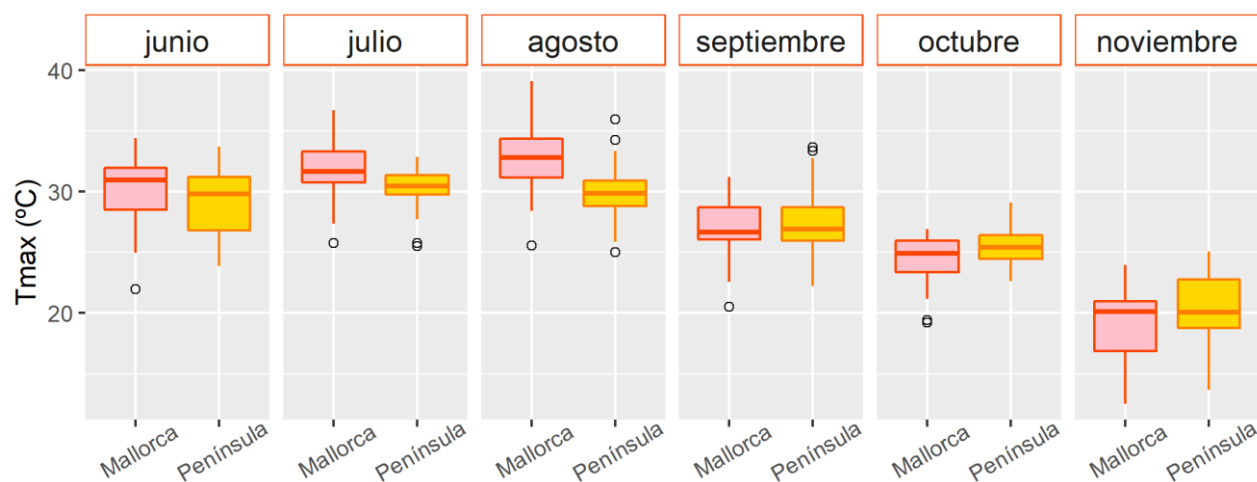


Figura 6.73. Temperatura máxima (°C). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

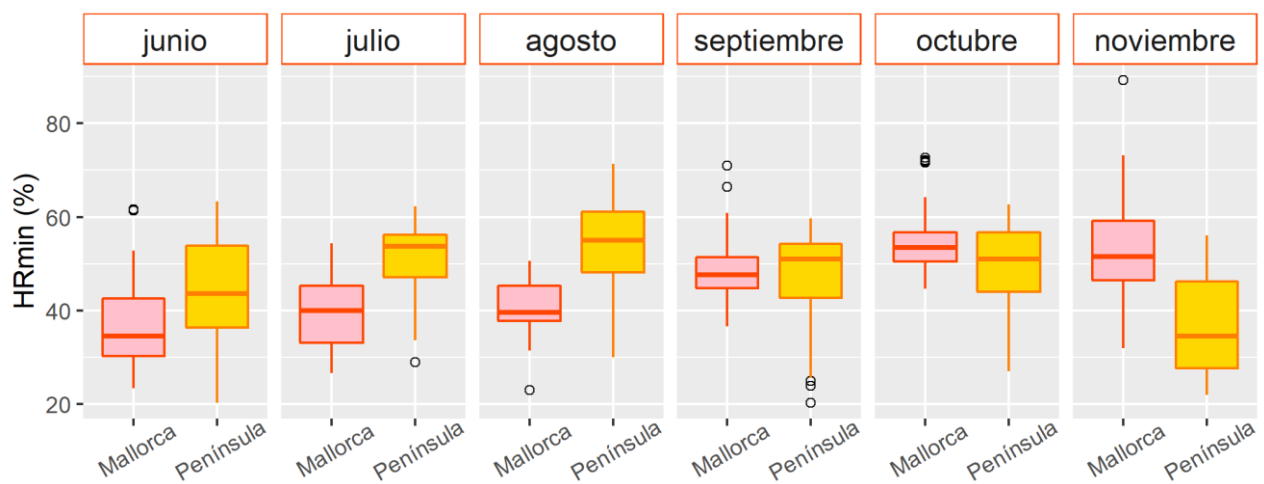


Figura 6.74. Humedad relativa mínima (%). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

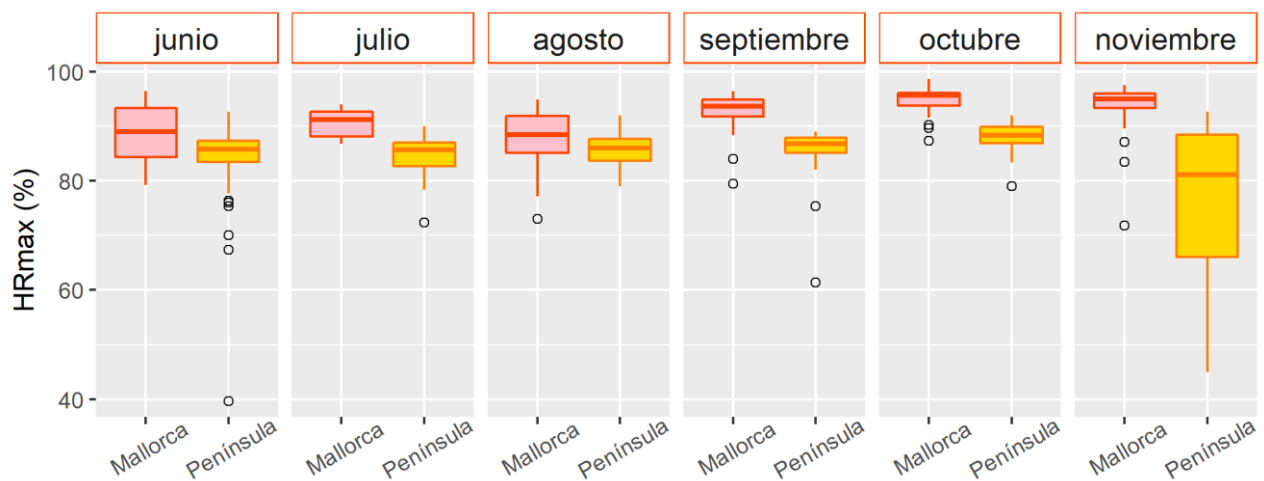


Figura 6.75. Humedad relativa máxima (%). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

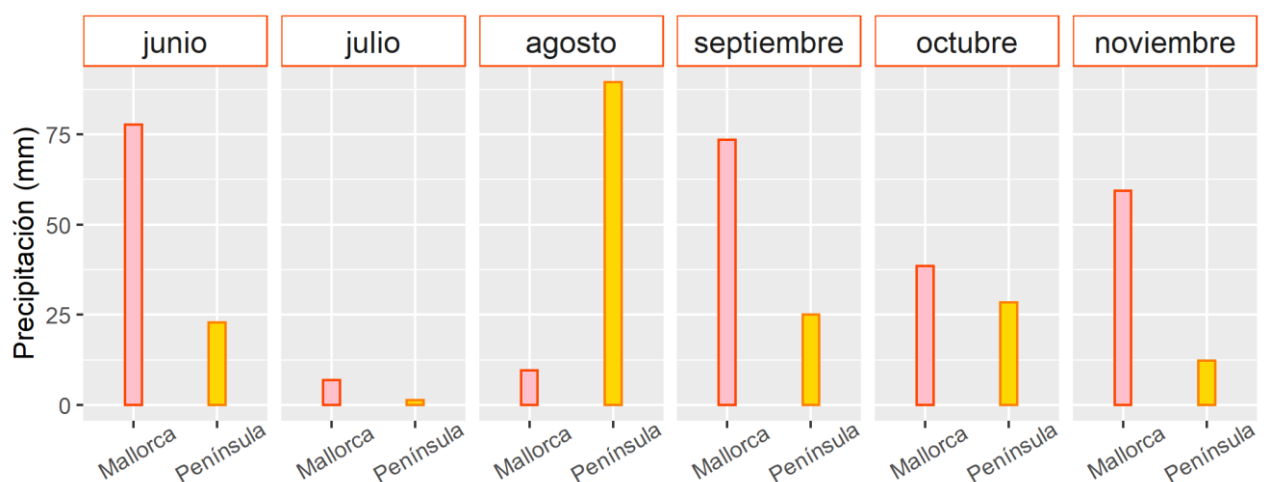


Figura 6.76. Precipitación acumulada por mes (mm). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

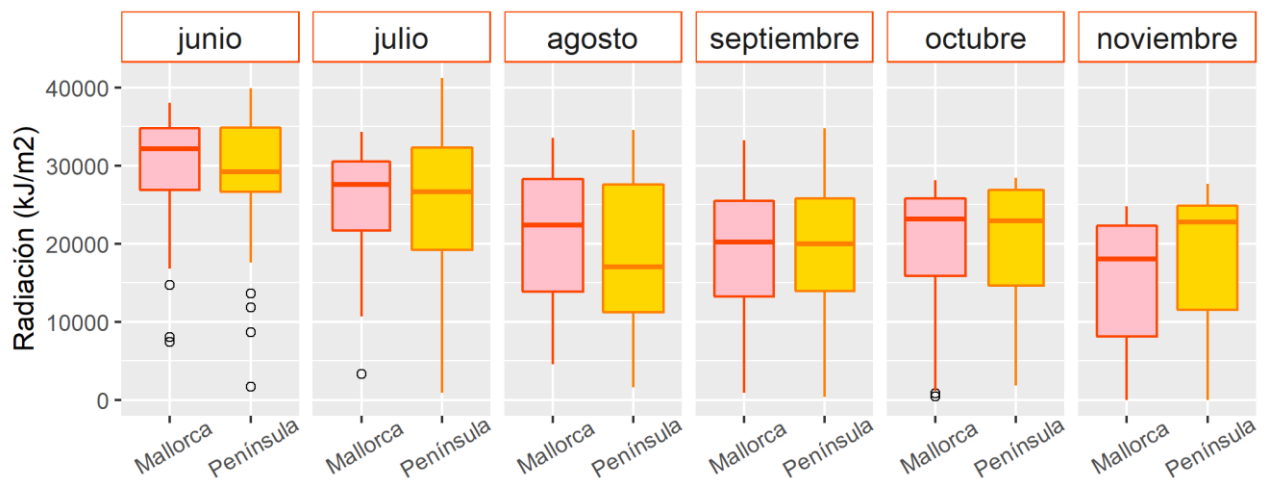


Figura 6.77. Radiación (kJ/m²). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Años 2017-2019.

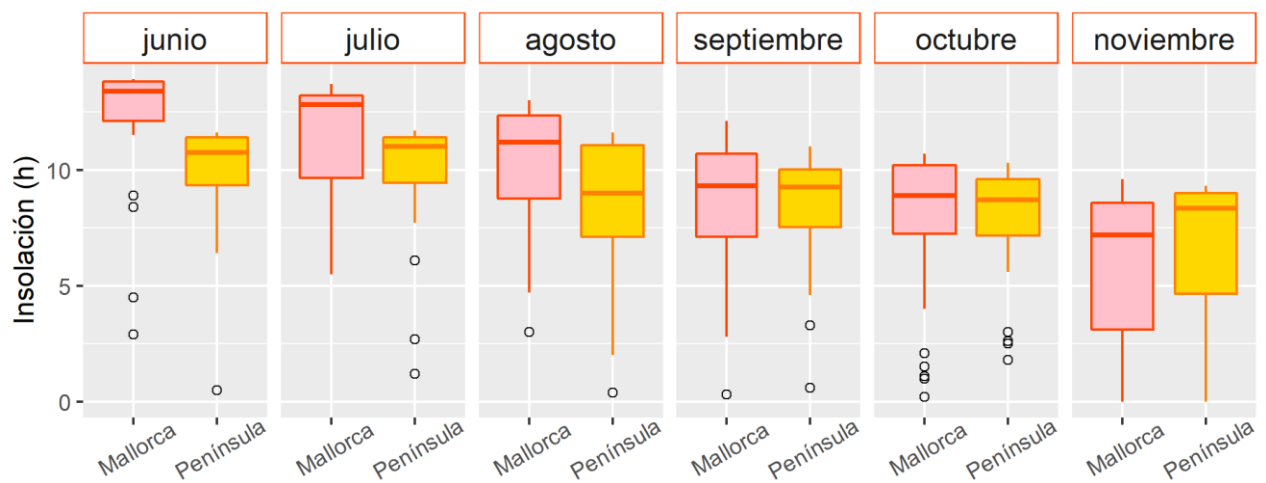


Figura 6.78. Insolación (h). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Año 2017.

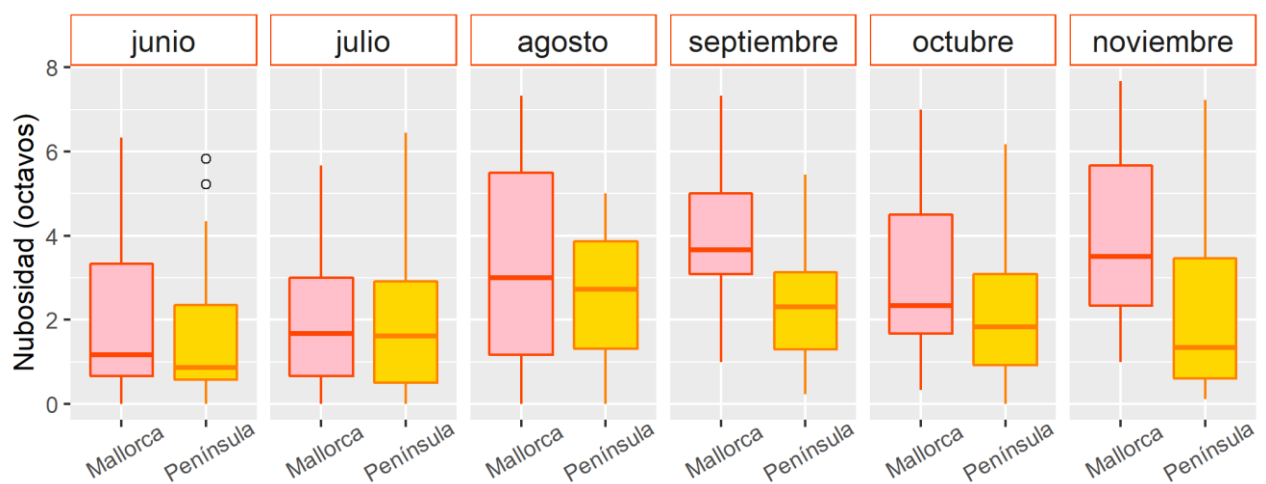


Figura 6.79. Nubosidad total (octavos). Media diaria (entre 7, 13 y 18 h). Zonas de cultivo en Mallorca y en la Península. Año 2017.

Para estudiar la significancia estadística de las posibles diferencias entre ambos conjuntos de datos climatológicos, los de la zona de Mallorca y los de la península, para cada una de las variables, se realizó un test de Yuen. Los resultados se muestran en la Tabla 6.13 mediante los valores de p y de la clasificación del tamaño del efecto.

Tabla 6.13. Resultados del análisis robusto de las varianzas (ANOVA). Datos climatológicos de las zonas de Mallorca y la Península. Año 2017.

MES	Tmín (°C)		Tmax (°C)		HRmín (°C)		HRmax (°C)		Radiación (kJ/m2)		Insolación (h)		Nubosidad (octavos)	
	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE	p	TE
Junio	*	G	ns	G	**	G	*	G	ns	M	***	G	ns	M
Julio	***	G	**	G	***	G	***	G	ns	P	*	G	ns	P
Agosto	***	G	**	G	***	G	***	G	ns	P	*	G	ns	P
Septiembre	***	G	**	G	***	G	***	G	ns	P	*	G	ns	P
Octubre	***	G	**	G	***	G	***	G	ns	P	ns	M	ns	G
Noviembre	ns	G	ns	M	***	G	***	G	ns	G	ns	M	**	G

Tamaño del efecto (TE): G: grande, M: mediano; P: pequeño

Nivel de significación ***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ns: no significativo

La temperatura es un elemento esencial en el cultivo y desarrollo de las plantas, influyendo sobre la velocidad de crecimiento, germinación, transpiración, respiración, fotosíntesis, y absorción de agua y nutrientes, y por tanto en la productividad de las cosechas. De acuerdo con Staller, (2012), el pimentón y sobre todo sus variedades dulces, exigen temperaturas elevadas. Se desarrolla bien en un clima relativamente cálido, donde no haya peligro de heladas (MAPA). Su desarrollo óptimo se produce con temperaturas diurnas entre 22-28°C y temperaturas nocturnas entre 16-18°C. Por debajo de los 15°C su desarrollo se ve afectado y deja de crecer a partir de los 10°C. Por encima de los 35°C puede producirse la caída de flores. Las heladas destruyen su parte aérea, pero si no han sido muy intensas la planta puede rebrotar (ref)

La temperatura mínima media de cada mes, entre 7.3°C en noviembre y 20.8°C en julio en Mallorca, y entre 8.7 (noviembre) y 21.8°C (julio y agosto) en la península, fue siempre ligeramente inferior en Mallorca, entre 1 y 2.7°C menor. La temperatura máxima, fue superior entre los meses de junio y agosto (entre 30.6-32.8°C frente a 29.5-30.4°C de la península), pero inferior entre septiembre y noviembre (entre 27.0-19.3°C frente a 27.3-20.4°C de la península). El error estándar recortado para ambas temperaturas a lo largo de cada mes, estuvo comprendida entre 0.3 y 0.7°C. De acuerdo con el test robusto de Yuen (Tabla 6.13), existieron diferencias significativas entre las temperaturas mínima y máxima de ambas zonas en todos los meses excepto durante el mes de noviembre en Tmin y Tmax, y de junio en Tmax, siendo en general, las mínimas inferiores y las máximas superiores (o iguales) en la zona de Mallorca.

La humedad relativa óptima para el cultivo del pimiento oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados. En la Figura 6.74 y la Figura 6.75 puede observarse que la humedad relativa máxima fue siempre superior en Mallorca y la mínima, fue superior durante los meses de octubre y noviembre, llegando a ser esta diferencia de hasta 16 puntos. La humedad relativa mínima fue inferior en Mallorca entre junio y agosto. De este modo, hubo diferencias significativas entre las zonas debido a la humedad relativa tanto mínima como máxima, durante todo el período entre junio y noviembre (Tabla 6.13).

La precipitación durante el año 2017 fue considerablemente diferente entre Mallorca y la península. En ese año, las precipitaciones durante el mes de junio, y entre septiembre y noviembre, fueron elevadas, y

considerablemente más abundantes en Mallorca. Por otro lado, durante el mes de julio hubo escasas precipitaciones en ambas zonas mientras que, durante el mes de agosto, llovió de manera abundante en la Península, lo cual pudo provocar el menor contenido en grasa y carotenos en las muestras cultivadas en esa zona.

La planta del pimiento es muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. admitiendo temperaturas más altas cuanto mayor es aquella. Por ello, los veranos muy suaves afectan negativamente a la producción, ya que el cuajado de las últimas flores se produce con dificultad. Como puede observarse en las Figura 6.77 y Figura 6.78, no se observaron diferencias significativas en las medidas de radiación (kJ/m²) entre ambas zonas (Tabla 6.13) pero sí en la insolación (h) que fue significativamente superior en Mallorca durante la mayor parte del tiempo (entre junio y septiembre). En cuanto a la nubosidad, no se observaron diferencias significativas entre las dos zonas, con excepción del mes de noviembre que resultó ser algo más nuboso en Mallorca.

A partir de la comparación entre los parámetros climáticos de las dos zonas, Mallorca y Península, donde fueron cultivadas las plantas de pimiento Cirereta durante el desarrollo del presente estudio (muestras CM y CP) puede concluirse que, además de las diferencias debidas al suelo, la climatología pudo contribuir decisivamente a favorecer las diferencias observadas entre ambos pimentones, en el contenido en grasa e incluso, en la fijación de diferentes minerales del suelo.

Finalmente, se evaluó si las diferencias observadas en las variables climatológicas entre ambas zonas se debieron al periodo estudiado (junio-noviembre 2017) o se pueden observar ampliando el estudio a periodos mas largos. De este modo, se llevó a cabo un ANOVA de tres vías sobre los datos climáticos de las zonas de Mallorca y la Península, más cercanas a las zonas de cultivo utilizadas en el presente estudio, usando los datos comprendidos entre junio y noviembre de los años 2015 a 2019 (5 años).

La Tabla 6.14 muestra el resumen de los resultados obtenidos con el ANOVA de 3 vías, siendo los factores considerados, Zona (Mallorca y Península), año (2015, 2016, 2017, 2018 y 2019) y mes (junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre). Se muestran también los valores correspondientes a las interacciones entre factores. Si bien el efecto mayor en encontró en el factor mes en cuatro variables (Tmín, Tmáx, Radiación e Insolación), en otras dos correspondió al factor Zona (HRmáx y Nubosidad). En cualquier caso, el factor Zona resultó significativo en todas las variables excepto en la radiación, con valores de F elevados y pequeños en p. En cuanto a la precipitación acumulada (mm) por mes, se realizaron dos anovas de dos vías, uno considerando como factores Zona y año, y en el segundo, Zona y mes. Únicamente el factor mes resultó significativo (F=5.0, p<0.01). A partir de estos resultados, se podría esperar que muestras de pebre coent obtenidas a partir de pimientos de la variedad Cirereta cultivados en Mallorca o en la Península, presenten características diferenciadas debidas a la diferente climatología.

Tabla 6.14. Resultados del análisis de las varianzas (ANOVA). Datos climatológicos de las zonas de Mallorca y la Península. Años 2015-2019.

	Tmín (%)		Tmáx (%)		HRmín (%)		HRmáx (%)		Radiación (kJ/m ²)		Insolación (h)		Nubosidad (octavos)	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Zona	428.9	***	4.0	*	5.6	*	560.8	***	2.0	ns	40.1	***	124.0	***
año	9.5	***	13.7	***	7.4	***	12.9	***	6.4	***	5.9	***	8.3	***
mes	1007.2	***	913.9	***	38.5	***	24.0	***	97.6	***	130.3	***	46.5	***
Zona:año	0.3	ns	1.0	ns	5.3	***	4.8	***	0.1	ns	0.7	ns	0.2	ns
Zona:mes	0.5	ns	9.7	***	52.7	***	33.1	***	1.3	ns	4.9	***	3.4	**
año:mes	8.9	***	5.2	***	4.2	***	4.4	***	3.9	***	2.8	***	5.0	***
Zona:año:mes	1.0	ns	1.8	*	1.7	*	3.2	***	0.7	ns	0.8	ns	1.1	ns

6.4 Estudio de la influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad cirereta sobre las características del *pebre vermell coent mallorquí*

Las cuatro muestras utilizadas en este estudio fueron codificadas como: CMad1 (pocos maduros), CMad2 (maduración media), CMad3 (maduros) y CMad4 (muy maduros), y procediendo a su caracterización físico-química.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en este apartado.

6.4.1 Granulometría

Mediante análisis granulométrico se ha determinado la distribución por tamaños de las partículas que forman parte de cada muestra; para ello se ha determinado el porcentaje retenido por un tamiz, como la relación entre el peso retenido por cada tamiz con respecto al peso total de la muestra. Los resultados se presentan en la Tabla 6.15 en forma de medias y desviaciones estándar.

A efecto de ajuste de curvas granulométricas se utilizan los porcentajes retenidos acumulados por cada uno de los tamices. En la Figura 6.80 se presentan las curvas de granulometría de las muestras en diferentes estados de maduración. Pueden observarse importantes diferencias entre las muestras. La muestra CMad1, obtenida a partir de pimientos poco maduros, presenta una curva muy diferente al resto, con tamaños de partícula considerablemente superiores a los del resto de muestras, con aún, casi un 22 % de partículas mayores de 1 mm. Probablemente, estos tamaños de partícula tan grandes son debidos a que esta muestra presentó mayores dificultades para secarse y mayor resistencia a la molturación. Por tanto, los pimientos de Cirereta en un estado de maduración inicial, no parecen ser aptos para la obtención del pimentón.

Tabla 6.15. Análisis granulométrico. Porcentaje en peso de cada fracción. Valor medio y desviación estándar. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido con pimientos en diferentes estados de maduración.

	CMad1	CMad2	CMad3	CMad4
Fracción 1 (<0.090 mm)	0.8 ± 0.2	-	-	-
Fracción 2 (entre 0.090 y 0.180 mm)	4.6 ± 0.4	20.6 ± 1.6	11.0 ± 0.6	26.8 ± 0.4
Fracción 3 (entre 0.180 y 0.355 mm)	19.4 ± 1.8	74.3 ± 1.2	76.5 ± 0.4	31.5 ± 0.8
Fracción 4 (entre 0.355 y 0.500 mm)	13.5 ± 0.9	5.1 ± 0.8	12.5 ± 0.3	37.3 ± 1.6
Fracción 5 (entre 0.500 y 0.710 mm)	15.8 ± 1.2	-	-	4.5 ± 0.8
Fracción 6 (entre 0.710 y 1.000 mm)	24.3 ± 1.7	-	-	-
Fracción 7 (>1.000 mm)	21.6 ± 0.2	-	-	-

Las muestras CMad2 y CMad3 presentaron valores similares entre ellas de manera que entre el 95 y el 88 % de las partículas presentaron tamaños inferiores a 0.335 mm y el 100 % de las partículas, inferior a 0.500 mm, siendo la fracción más importante la comprendida entre 0.180 y 0.335 mm (74-76 %). Finalmente, la muestra CMad 4 presentó una curva intermedia, distribuyéndose la mayoría de las partículas entre las fracciones 3 y 4 (tamaños entre 0.180 y 0.355 mm, y entre 0.355 y 0.500 mm, respectivamente, si bien casi un 5 % de las partículas presentaron tamaños comprendidos entre 0.500 y 0.710 mm.

En conclusión, desde el punto de vista de la granulometría, las muestras CMad2 y CMad3 parecen ser las más adecuadas para obtener pimentón, ya que presentan un tamaño de partícula más homogéneo y suficientemente pequeño (<0.500 mm). Sin embargo, cabe mencionar que esta característica se ve altamente influenciada por el proceso de secado y el contenido en humedad final de los pimientos secos.

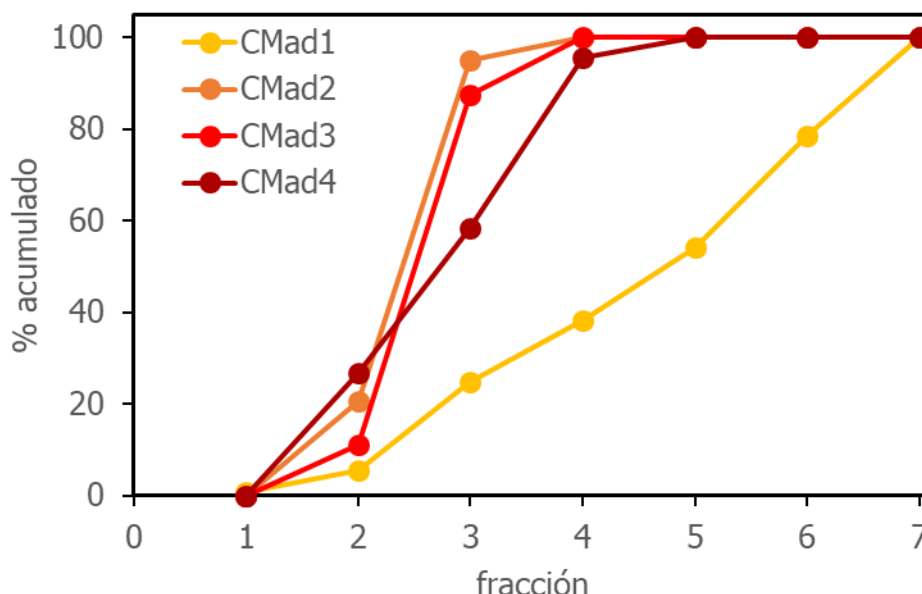


Figura 6.80. Curva granulométrica de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido con pimientos en diferentes estados de maduración.

6.4.2 Color

La Tabla 6.16 muestra los resultados obtenidos en las variables de color para las muestras en diferentes estados de maduración, expresados en forma de medias y desviaciones estándar.

Tabla 6.16. Parámetros de color. Valor de medio y desviación estándar. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido con pimientos en diferentes estados de maduración

	CMad1		CMad2		CMad3		CMad4	
ASTA	6.6	±0.6	80.9	±0.8	138.6	±1.0	132.3	±5.7
RY	0.954	±0.001	0.999	±0.001	1.007	±0.001	0.985	±0.001
L*	59.6	±0.7	45.2	±0.6	41.5	±0.4	46.6	±0.5
a*	4.7	±0.3	37.7	±0.5	35.9	±0.1	31.5	±0.3
b*	24.6	±0.9	42.5	±0.4	36.0	±0.5	38.5	±0.7
C*	25.0	±0.9	56.8	±0.6	50.9	±0.3	49.8	±0.6
hue*	79.2	±0.3	48.5	±0.3	45.1	±0.5	50.7	±0.6

Estos resultados se pueden observar gráficamente en las figuras siguientes (Figura 6.81 a Figura 6.87). Se muestran los valores medios junto con las desviaciones estándar. En cada figura, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras en relación a ese parámetro. La línea azul discontinua indica el valor medio de cada parámetro, y el recuadro de color azul, el intervalo de confianza, obtenidos en el estudio de caracterización del *pebre vermell coent mallorquí*.

La Figura 6.81 muestra los valores del parámetro ASTA de las muestras con diferente estado de maduración. Se observa que la muestra CMad1 presentó un valor extramadamente bajo, cercano a 7 unidades, aumentando hasta 81 en la muestra CMad2 y hasta 130-140 unidades en las muestras más maduras. La relación rojo/amarillo (R/Y) (Figura 6.82) aumentó con el estado de maduración de los pimientos hasta la muestra CMad3 que presentó la mayor proporción de rojo, disminuyendo luego ligeramente en la muestra

más madura. La tendencia inversa se observó en el parámetro L^* (luminosidad) (figura 5.83), que disminuyó al aumentar el estado de maduración de los pimientos hasta presentar en máximo en la muestra CMad 3 y subiendo ligeramente en la CMad4.

La muestra CMad1 presentó un valor de a^* muy bajo (~ 5), indicando baja proporción del color rojo, aumentando en el resto de muestras hasta unas 30-38 unidades. También la coordenada b^* fue superior en las 3 muestras más maduras indicando mayor proporción también del color amarillo. De este modo, el croma C^* , al ser dependiente de a^* y b^* , refleja igualmente estas diferencias, con un valor bajo en la muestra CMad1, de unas 25 unidades, frente a las 50-57 del resto de muestras. Así mismo, el valor de hue^* fue muy elevado en la muestra CMad1 indicando la baja proporción de a^* con respecto a b^* de esta muestra, resultando esta proporción mucho más equilibrada en el resto de muestras.

En la Figura 4.1 se muestra una imagen fotográfica de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenidas a partir de pimientos en diferentes estados de maduración. Puede observarse, por un lado, que el aspecto de la muestra CMad1 no se corresponde con el de un pimentón, y por otro, que las otras tres muestras, si bien presentan características visuales adecuadas, destaca que la muestra CMad3 presentó una mayor intensidad de color, tal y como quedó reflejado en los valores de las variables de color.

Krajayklang, Klieber, & Dry (2000) estudiaron las características del pimentón dulce y picante obtenido con pimientos recolectados en diferentes estados de maduración y dejándolos madurar antes de proceder al secado y molturación para obtener el pimentón. Estos autores observaron que la intensidad del color del pimentón picante fue baja en todos los casos en que los pimientos no habían desarrollado un color rojo intenso antes de la cosecha. En el caso del pimentón picante, los pimientos que se habían secado parcialmente antes de ser cosechados produjeron el color más intenso. El índice ASTA aumentó desde valores de 25 en pimentón picante obtenido a partir de pimientos cosechados verdes hasta un máximo de 120 cuando los pimientos fueron cosechados una vez con un color rojo intenso y parcialmente deshidratados.

Tal y como se muestra en las figuras de los parámetros de color, las muestras con diferentes grados de maduración presentaron características de color muy similares a las de las muestras utilizadas para la caracterización del *pebre vermell coent mallorquí* (Valores indicados mediante las líneas horizontales discontinuas de color azul y el rectángulo azul que indica el intervalo de confianza) excepto en aquella obtenida a partir de pimientos poco maduros (CMad1).

Se puede concluir por tanto, que respecto al color, los pimientos de cirereta poco maduros no son aceptables para la fabricación de pimentón picante de Mallorca.

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* OBTENIDAS A PARTIR DE PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN. Variables de color.

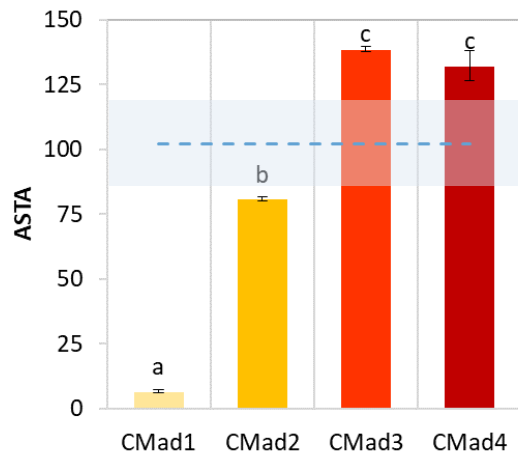


Figura 6.81. Color (ASTA).

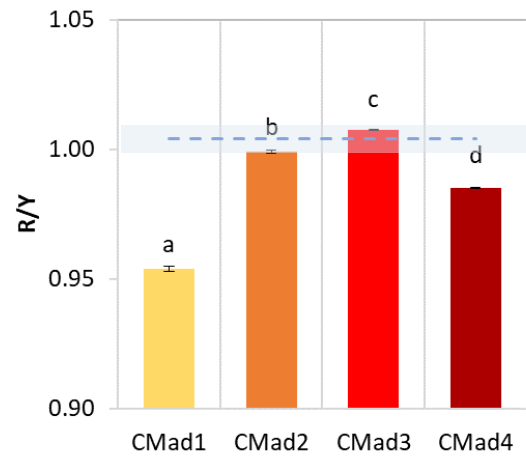


Figura 6.82. Color (R/Y).

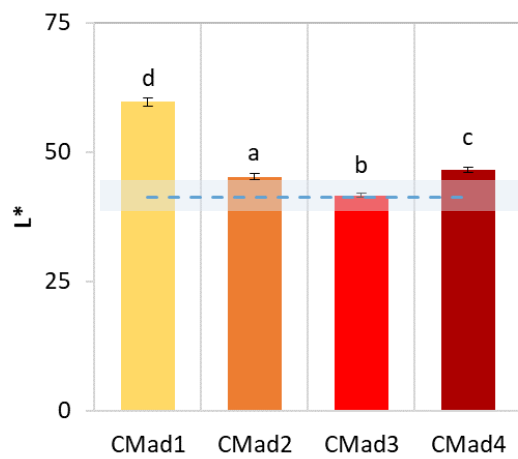


Figura 6.83. Coordenada de color L*.

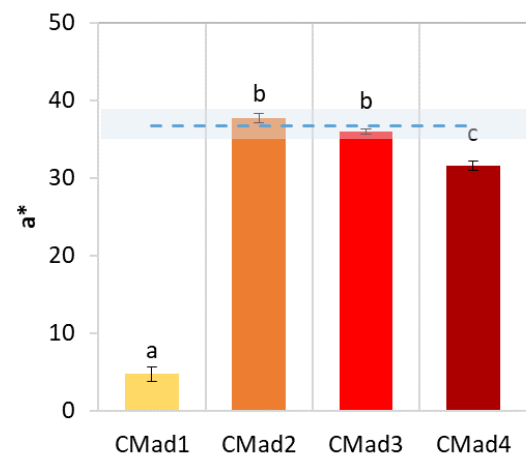


Figura 6.84. Coordenada de color a*.

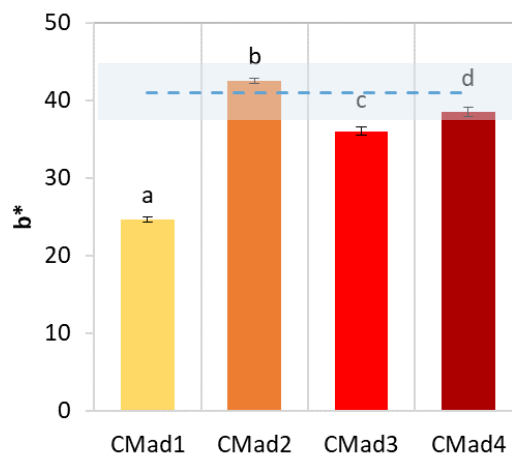


Figura 6.85. Coordenada de color b*.

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* OBTENIDAS A PARTIR DE PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN. Variables de color. (Continuación).

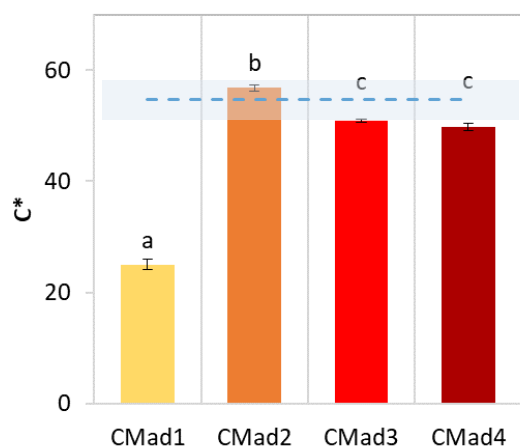


Figura 6.86. Croma (C*).

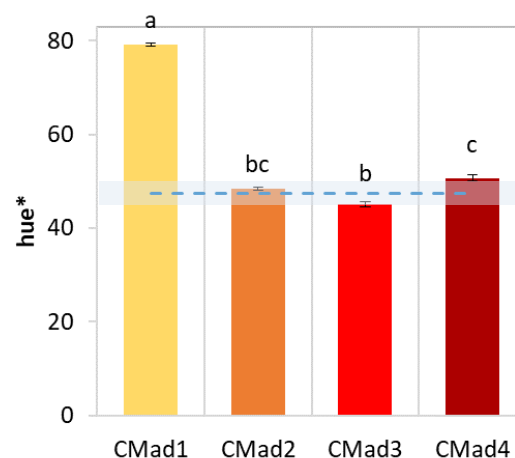


Figura 6.87. Tono de color (hue*).

6.4.3 Caracterización química

La Tabla 6.17 muestra los resultados obtenidos para las variables químicas en las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* de pimiento de *Cirereta* en diferentes estados de maduración, expresados en forma de medias y desviaciones estándar.

Tabla 6.17. Parámetros químicos. Valor de medio y desviación estándar. Muestras de *pebre vermell coent mallorquí* obtenido con pimientos en diferentes estados de maduración

	CMad1		CMad2		CMad3		CMad4	
% Humedad (%)	7.5	±0.6	1.7	±0.1	2.0	±0.1	1.6	±0.1
% Cenizas (% ss)	7.4	±0.1	6.9	±0.1	8.6	±0.5	8.2	±0.4
% Cenizas insol. (% ss)	0.09	±0.01	0.08	±0.01	0.10	±0.01	0.09	±0.01
% Grasa (% ss)	1.7	±0.1	10.7	±0.2	11.2	±0.2	6.1	±0.1
% Fibra dietética (% ss)	48.2	±1.7	35.5	±1.1	34.7	±1.0	37.8	±2.1
Carotenoides tot. (ppm ss)	548	±19	2759	±29	4502	±36	4410	±183
Capsaicinas (ppm ss)	186	±5	371	±10	594	±46	1234	±99

Estos resultados se pueden observar gráficamente en las siguientes figuras (de la Figura 6.88 a la Figura 6.94). Se muestran los valores medios junto con las desviaciones estándar. En cada figura, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras en relación a ese parámetro. La línea azul discontinua indica el valor medio de cada parámetro, y el recuadro de color azul, el intervalo de confianza, obtenidos en el estudio de caracterización del pimentón picante mallorquín.

Como puede observarse en la Figura 6.88, el contenido en humedad de todas las muestras excepto la CMad1 estuvo comprendido entre 1.6 y 2%, inferior al valor medio obtenido para el pimentón picante mallorquín. La muestra obtenida a partir de los pimientos menos maduros presentó problemas para su deshidratación, con una humedad final del 7.5 %. El contenido en humedad recomendado en el pimentón es variable, por ejemplo, las DOPs húngaras limitan a un máximo de un 11 %, siendo el 10 % el valor habitual.

El pimentón eslovaco tiene el límite en el 10 %, mientras que el pimentón de Murcia DOP lo tiene en el 14 % y el pebre bord de mallorquí en 4.2 %. Cabe mencionar que dependiendo del método utilizado para su determinación se pueden obtener resultados muy diferentes. Algunos métodos que proporcionan valores elevados utilizan temperaturas elevadas en la que otros componentes del pimentón son también eliminados.

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* OBTENIDAS A PARTIR DE PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN. Variables químicas. Diagramas de caja.

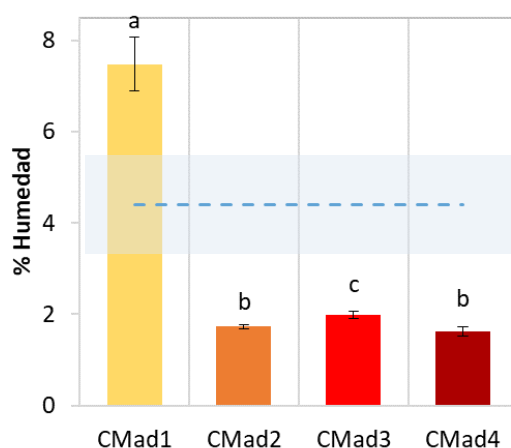


Figura 6.88. Contenido en humedad (%).

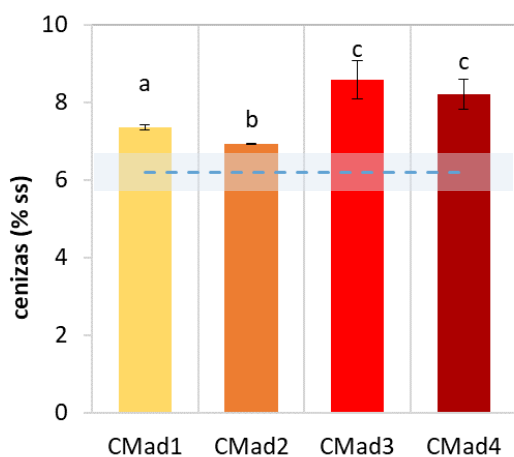


Figura 6.89. Cenizas totales (% ss).

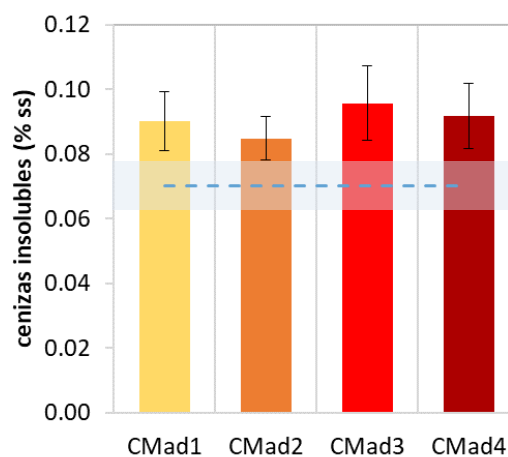


Figura 6.90. Cenizas insolubles (% ss).

COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS DE *PEBRE VERMELL COENT MALLORQUÍ* OBTENIDAS A PARTIR DE PIMIENTOS EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN. Variables químicas. Diagramas de caja. (CONT.)

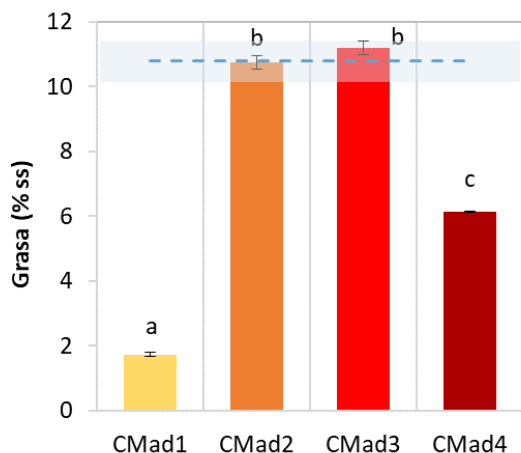


Figura 6.91. Grasa (% ss).

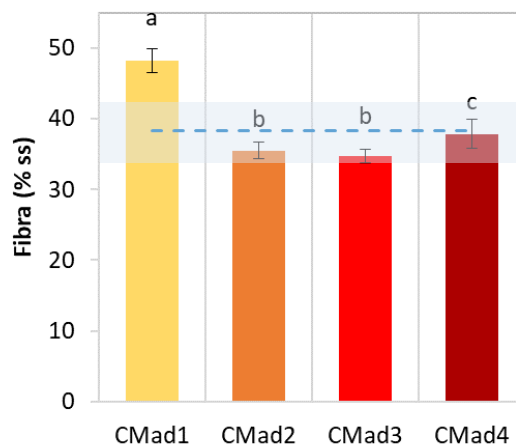


Figura 6.92. Fibra (% ss).

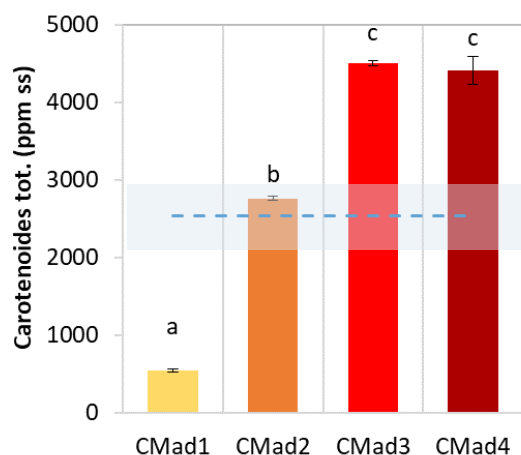


Figura 6.93. Carotenoides totales (ppm ss).

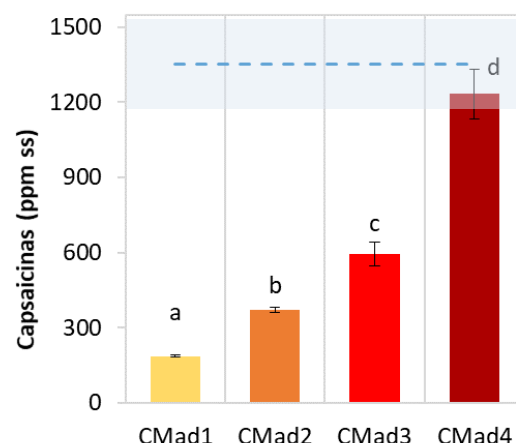


Figura 6.94. Capsaicinas totales (ppm ss).

Los contenidos en cenizas (entre 6.9 y 8.6 % ss) (Figura 6.89) y en cenizas insolubles (entre 0.085 y 0.092 % ss) (Figura 6.90) no fueron diferentes entre las muestras con diferentes estados de maduración, aunque debido a las bajas desviaciones en las medidas del contenido en cenizas, las diferencias resultaron ser significativas ($p < 0.05$) excepto entre las muestras CMad3 y CMad4. El contenido en cenizas y en cenizas insolubles fueron ligeramente superiores a los valores medios propuestos para el pimentón picante mallorquín. De acuerdo con la bibliografía (Frayssinet et al., 2019), las cenizas insolubles son, en su mayoría, silicatos procedentes del suelo, y en ocasiones provenientes, de silicatos utilizados como fertilizantes en cultivos ecológicos.

Las muestras obtenidas con pimientos en diferentes estados de maduración presentaron contenidos en grasa diferentes entre ellos, considerablemente inferiores en las muestras CMad1 (1.7 % ss) y CMad4 (6.1 % ss). Las muestras CMad2 y CMad3 presentaron valores (~11 % ss) dentro del intervalo de confianza propuesto para el pebre coent mallorquín (Figura 6.91).

El pimentón húngaro se clasifica habitualmente en ocho calidades dependiendo del estado de maduración del pimiento en la cosecha y, en la forma en que se procesan. Se observa que, en esta graduación de calidad, las mejores calidades presentan los valores menores de contenido en cenizas (5.5-7.0 % ss) y cenizas

insolubles (0.3-0.4 % ss) hasta un 11 % ss y 1.3 % ss, respectivamente, en las de calidad inferior. Igualmente, el extracto etéreo, aumenta desde del 13 % ss hasta el 19 % al descender en la clasificación por calidades (Berke & Shieh, 2012).

En cuanto al contenido en fibra (Figura 6.92), los valores obtenidos fueron similares en las 3 muestras obtenidas con los pimientos más maduros (34-38 % ss) y dentro del intervalo propuesto para el *pebre coent mallorquí*, mientras que la muestra CMad1 presentó un contenido considerablemente superior (~48 % ss).

El color rojo de los frutos del pimiento maduro se debe a varios pigmentos carotenoides relacionados, como la capsantina (30-60%), capsorrubina (6-18%) y β -criptoxantina, que están presentes como ésteres de ácidos grasos. La intensidad del color rojo en un pimiento es principalmente una función de la cantidad de estos dos pigmentos. De tal forma, las muestras de pimentón picante obtenidas con pimientos en diferentes estados de maduración presentaron contenidos en carotenoides totales (Figura 6.93) muy diferentes entre ellas, aumentando considerablemente con el estado de maduración de los pimientos hasta alcanzar un máximo de aproximadamente 4400-4500 ppm ss en las dos muestras más maduras.

De acuerdo con Victoria-Campos et al. (2015), la maduración altera el contenido de capsaicinoides en los pimientos. Estos compuestos se acumulan típicamente durante la maduración del pimiento, alcanzando una concentración máxima entre 40 y 50 días después de la formación del fruto, para luego degradarse durante la senescencia del mismo.

Como puede observarse en la Figura 6.94, el contenido en capsaicinas aumentó con la maduración de los pimientos, desde valores inferiores a 200 ppm ss en la muestra CMad1 hasta cerca de 1300 ppm ss en la muestra CMad4, demostrando la influencia de la maduración del pimiento para el desarrollo de estos compuestos. Así mismo, las muestras CMad2 y CMad3, que en la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los intervalos propuestos para el *pebre vermell coent mallorquí*, presentaron contenidos considerablemente inferiores en capsaicinas.

En conclusión, el pimentón obtenido a partir de pimientos de la variedad cirereta presentó importantes diferencias en sus características, dependiendo de su grado de maduración:

- Los pimientos “poco maduros” (CMad1) presentaron problemas durante los procesos de secado y molienda, obteniéndose un pimentón con un contenido en humedad elevado y tamaños de partícula excesivos.
- El parámetro ASTA aumentó considerablemente con la maduración de los pimientos alcanzándose valores elevados en las muestras correspondientes a los pimientos “maduros” o “muy maduros”.
- Respecto al color, los pimientos de cirereta poco maduros (CMad1) no pudieron considerarse aceptables para la fabricación de pimentón picante de Mallorca.
- Las muestras intermedias (CMad2 y CMad3) presentaron mayor contenido en grasa pero menor en fibra.
- El contenido en carotenoides totales aumentó considerablemente con la maduración de los pimientos, estabilizándose en aproximadamente 4000 ppm ss en las muestras CMad3 y CMad4.
- El contenido en capsaicinas aumentó considerablemente en todos los estados de maduración obteniéndose valores entre 200 y 1300 ppm ss, evidenciando la estrecha relación entre el estado de maduración del pimiento y el grado de picante del pimentón.

6.5 Estudio de la segunda vida útil del *pebre vermell coent mallorquí*

Con el objeto de estudiar la segunda vida útil del *pebre vermell coent mallorquí*, una muestra de pebre coent mallorquí se conservó a temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$ en botes cerrados (Lote C) y abiertos (Lote A). En ambos lotes, se realizaron determinaciones periódicas de color (CIELab, grados ASTA e índice de oscurecimiento) y contenido en capsaicinas a lo largo del tiempo de almacenamiento (8 meses).

Para evaluar estadísticamente la existencia de diferencias entre las muestras debidas al tiempo de almacenamiento (tiempo) y al hecho de que los botes estuvieran abiertos o cerrados (bote), se llevó a cabo un ANOVA de dos vías (variables independientes: tiempo y bote), teniendo en cuenta las posibles interacciones entre las variables independientes (tiempo x bote). Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas, se procedió a realizar un test de comparaciones múltiples para evaluar la significancia de las diferencias entre resultados a diferentes tiempos y entre botes abiertos y cerrados.

En las figuras siguientes (de la Figura 6.95 a la Figura 6.104) se muestran los resultados del estudio de almacenamiento para cada parámetro, indicando mediante un asterisco, los casos en los que se observaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los botes cerrados y abiertos. Los resultados del ANOVA se muestran en la Tabla 6.18 indicando los valores de F y p para ambas variables independientes y su interacción. Las Tabla 6.19 y Tabla 6.20 muestran los resultados del test de comparaciones múltiples referentes a las diferencias entre la misma muestra (C o A) debidas a la variable tiempo (Tabla 6.19) y entre muestras de botes cerrados y abiertos para cada valor de tiempo (Tabla 6.20). En la primera columna de las Tabla 6.19 y Tabla 6.20 se indica las muestras que se están comparando, de modo que, por ejemplo, C:1-C:0 se refiere a la comparación entre los resultados a tiempo 0 y 1 mes de almacenamiento en botes cerrados; C:0-A:0 se refiere a la comparación entre los resultados a tiempo 0 entre botes cerrados y abiertos.

Como puede observarse en las Figura 6.95 a Figura 6.100, las diferencias entre las muestras respecto a las variables de color fueron escasas excepto en la variable de luminosidad (L^*) (Figura 6.95) a partir de los 2 meses de almacenamiento, y en las medidas de a^* y C^* realizadas tras 8 meses de almacenamiento (Figura 6.97 y Figura 6.98). De acuerdo con la bibliografía, la pérdida de color rojo esta causada por reacciones de autooxidación de los carotenoides (Ramesh, Wolf, Tevini, & Jung, 2001a) y cambios de color (ΔE) inferiores a 5 unidades no son perceptibles por el ojo humano. Como puede observarse en la figura 5.100, los cambios de color respecto al color inicial fueron en todos los casos inferiores a 5 unidades en la muestra de botes cerrados superándose únicamente en el último mes (mes 8) en los botes abiertos, momento en el que las diferencias entre ΔE de la muestra de bote cerrado y abierto fue significativa ($p < 0.05$).

En cuanto al parámetro ASTA, si se observaron diferencias significativas entre los botes cerrados y abiertos a lo largo del almacenamiento a partir del tercer mes, de modo que este parámetro presentó cambios más importantes en los botes abiertos. Al cabo de 3 meses de almacenamiento, el parámetro ASTA disminuyó un 25 % en los botes cerrados y un 33 % en los abiertos. Al cabo de 5 meses, la disminución observada fue de un 29 % en los botes cerrados, y de un 44 % en los botes abiertos. Sin embargo, hacia el final del período estudiado (8 meses), las diferencias entre las muestras no fueron significativas, con descensos desde el inicio del almacenamiento, del 50 % en los botes cerrados y del 52 % en los botes abiertos. De acuerdo con el ANOVA, la influencia de ambas variables, tiempo y bote, fue significativa con una contribución mayor que la de la interacción. De acuerdo con la Tabla 6.19, los cambios más importantes tuvieron lugar durante los primeros meses de almacenamiento.

Adala et al. (Addala, 2015) evaluaron los cambios de color y ASTA en muestras de pimentón almacenadas a 22°C durante 6 meses observando disminuciones de aproximadamente un 50-54 % en el parámetro ASTA. Estos autores encontraron también una correlación negativa significativa entre la actividad de agua, el

contenido en humedad y el ASTA. Topuz, Feng, & Kushad, (2009) evaluaron los cambios de color y ASTA en muestras de pimentón almacenadas a temperatura ambiente (22-23°C) en envases cerrados durante 3 meses, observando disminuciones significativas ($p < 0.05$) del 15-20% en los valores del parámetro ASTA durante el almacenamiento si bien estos cambios en los valores del ASTA no se vieron reflejados en cambios significativos en los parámetros de color.

Las diferencias entre las muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos respecto a la variable R/Y no fueron significativas a lo largo del tiempo, si bien se observó un cierto descenso en este parámetro hacia el final del almacenamiento.

El índice de oscurecimiento, medida del pardeamiento no enzimático, resultó ser un parámetro más sensible para determinar los cambios de color con el tiempo de almacenamiento. Este parámetro aumentó muy ligeramente durante los primeros meses sin observarse diferencias entre los botes cerrados y abiertos, siendo más acusados los aumentos a partir del mes 4. Al cabo de 8 meses, el aumento fue del 81-85 %, si bien, con valores considerablemente bajos, indicando solo un ligero oscurecimiento de las muestras. Topuz et al., (2009) observaron valores constantes durante 2 meses en la relación R/Y de pimentón picante almacenado a 22-23°C con un ligero incremento hacia el tercer mes, mientras que el índice de oscurecimiento aumentó ligera pero progresivamente durante los 3 meses de almacenamiento. Estos autores concluyen que la degradación del color del pimentón estuvo más relacionada con la reacción de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) que con la degradación de los carotenoides.

El contenido en capsaicinas permaneció prácticamente constante en las dos muestras durante todo el almacenamiento, no observándose diferencias entre las muestras conservadas en botes cerrados y abiertos. Sin embargo, de acuerdo con la bibliografía, los pimientos picantes secos, típicamente pierden 1-2% de capsaicinas/mes bajo almacenamiento en frío (-16° C), e incluso más cuando se almacenan en condiciones ambientales. Si se trata de pimentón picante, éste puede perder hasta un 5% de capsaicinas/mes dependiendo de la finura del molido y la temperatura de almacenamiento (Berke & Shieh, 2012). Iqbal et al. (Iqbal et al., 2015) observaron que, independientemente de la variedad de pimiento utilizado, el contenido en capsaicinas de los pimientos secos disminuyó aproximadamente un 11 % después de 5 meses de almacenamiento a 20°C y un 13 % cuando el almacenamiento se llevó a cabo a 30°C

De acuerdo con resultados obtenidos, se puede concluir que las características del *pebre vermell coent mallorquí* se conservaron bien a temperatura ambiente (~22°C), tanto en los botes cerrados como abiertos, sin observarse importantes cambios en los parámetros de calidad, exceptuando en el ASTA. Concretamente, se observaron:

- ligeros descensos en el parámetro de color a^* (menor intensidad del rojo) y aumentos en ΔE con el tiempo, más acusados en los botes abiertos
- Luminosidad (L^*) constante en las muestras conservadas en los botes cerrados, pero descenso de este parámetro en las muestras conservadas en los botes abiertos
- descensos en el parámetro ASTA principalmente durante los primeros meses, más acusados en los botes abiertos
- pequeños aumentos en el índice de oscurecimiento
- contenido estable en capsaicinas

En cualquier caso, de acuerdo con la bibliografía (Ramesh, Wolf, Tevini, & Jung, 2001b), la calidad del pimentón durante el almacenamiento depende estrechamente de la calidad inicial del producto. Así mismo, tanto el efecto de la temperatura como de la presencia de luz es importante durante el almacenamiento del pimentón. Koncsek, Kruppai, Helyes, Bori, & Daood, (2016) evaluaron el efecto de la luz (4000 LUX) sobre los valores de ASTA de pimentón almacenado a temperatura ambiente en comparación con oscuridad,

observando una disminución del 55 % tras 48 días de almacenamiento en presencia de luz, y únicamente del 23 % cuando se almacenó en la oscuridad durante 240 días (8 meses). Después de 1 mes de almacenamiento, pimentón almacenado a 0, 2000, 4000 y 6000 lux de intensidad de luz y temperatura ambiente perdió el 7.5 %, 20.8%, 29.9% y 34.5% de su valor inicial de ASTA, respectivamente. Por tanto, el envase elegido para conservar el producto en cuanto a su opacidad, parece ser determinante de la calidad durante el almacenamiento.

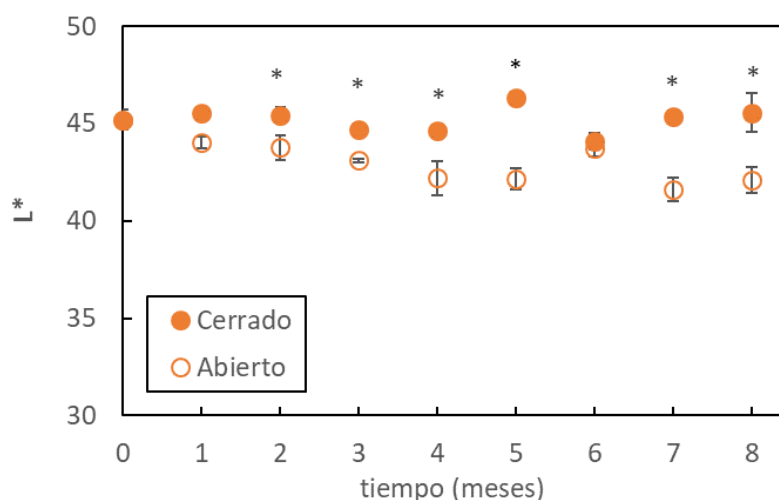


Figura 6.95. Evolución del parámetro de color L^* durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos

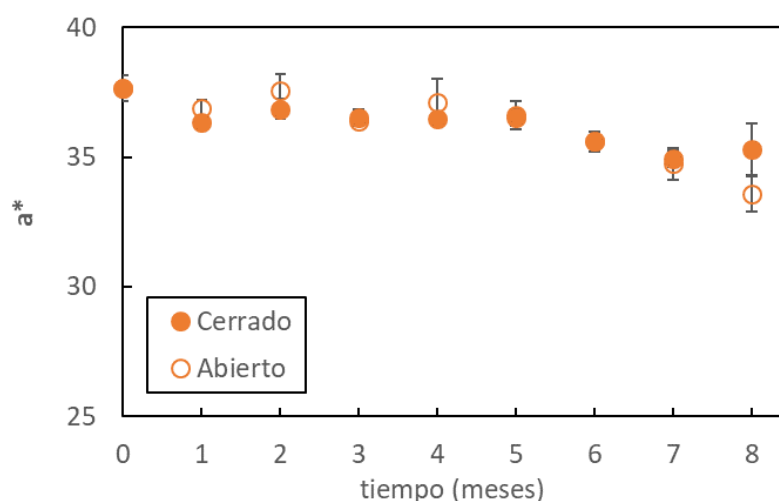


Figura 6.96. Evolución del parámetro de color a^* durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

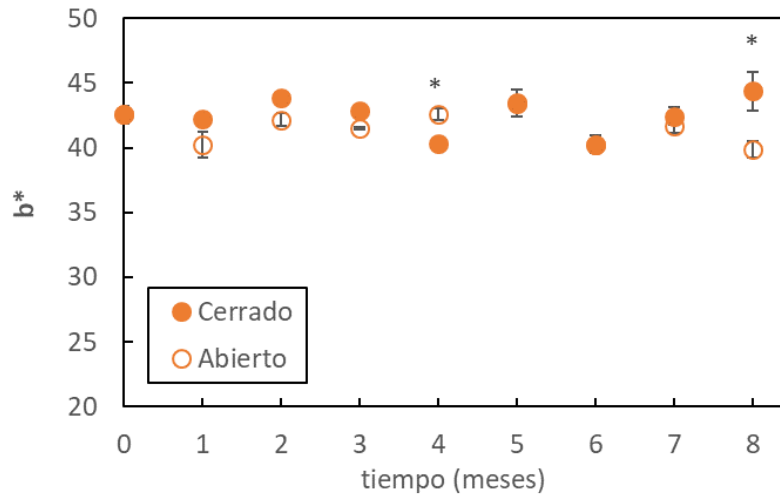


Figura 6.97. Evolución del parámetro de color b^* durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

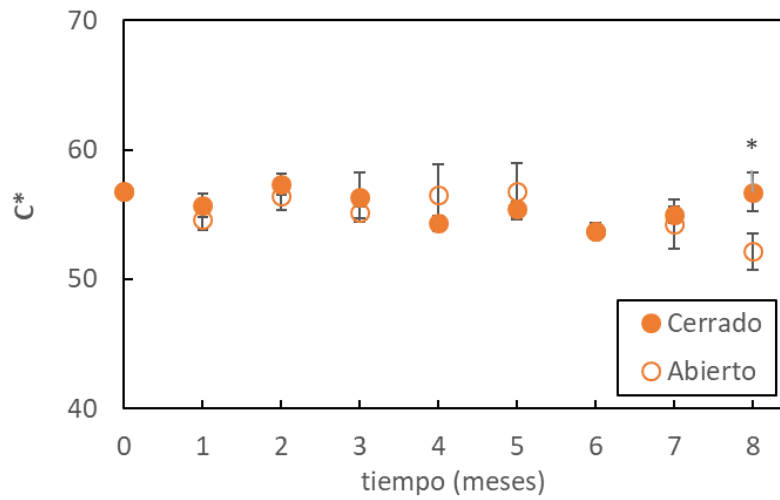


Figura 6.98. Evolución del parámetro de color C^* durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

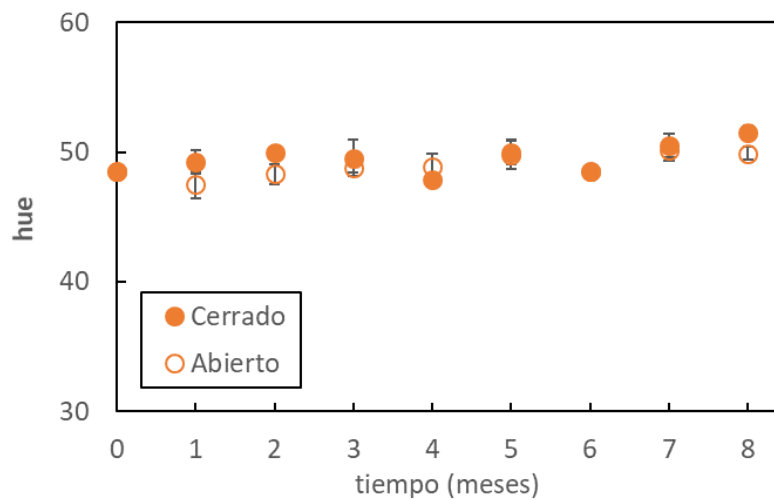


Figura 6.99. Evolución del parámetro de color hue durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

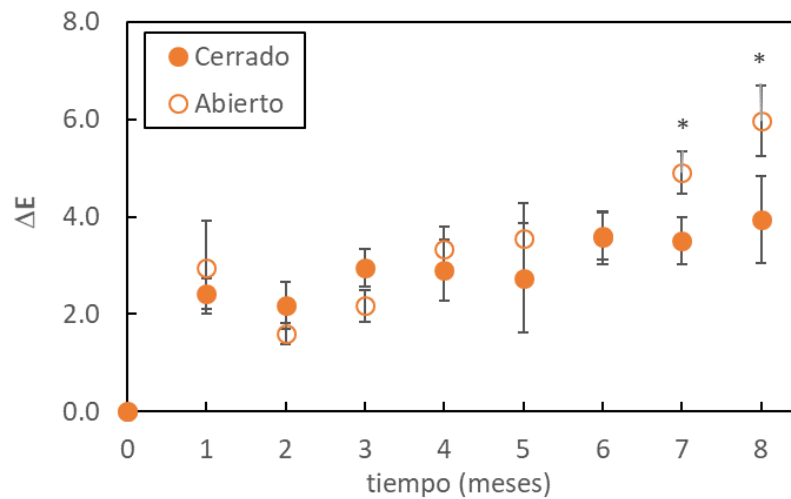


Figura 6.100. Evolución del parámetro de color ΔE durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

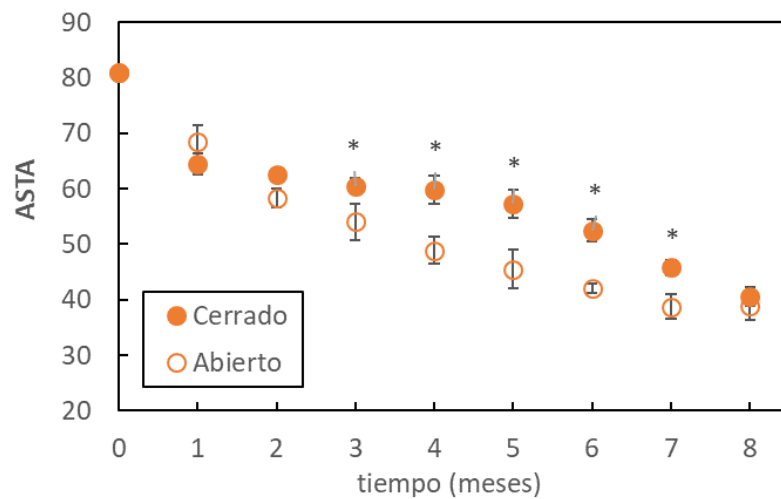


Figura 6.101. Evolución del parámetro ASTA durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

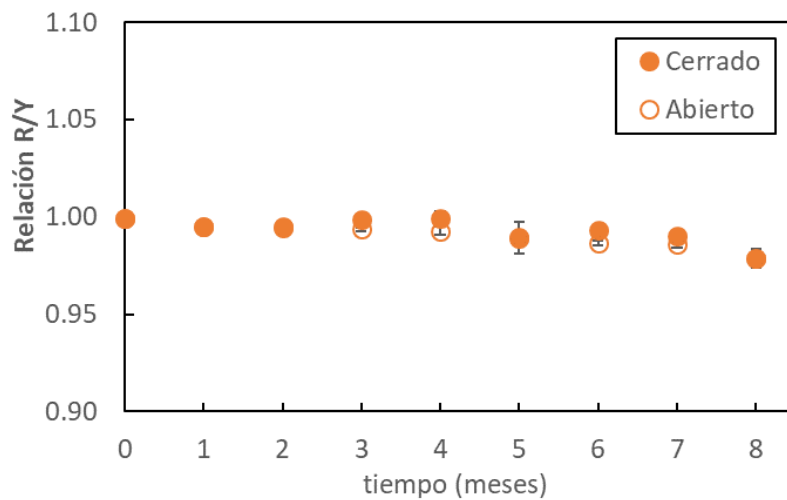


Figura 6.102. Evolución de la relación Rojo/Amarillo (R/Y) durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

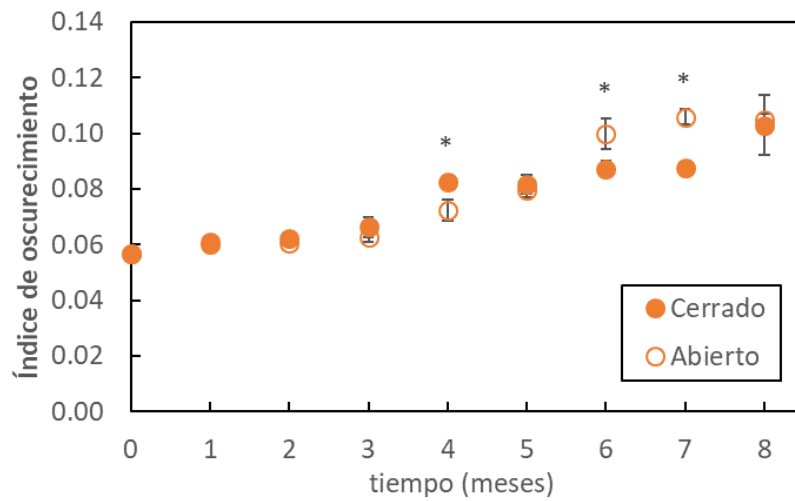


Figura 6.103. Evolución del índice de oscurecimiento durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

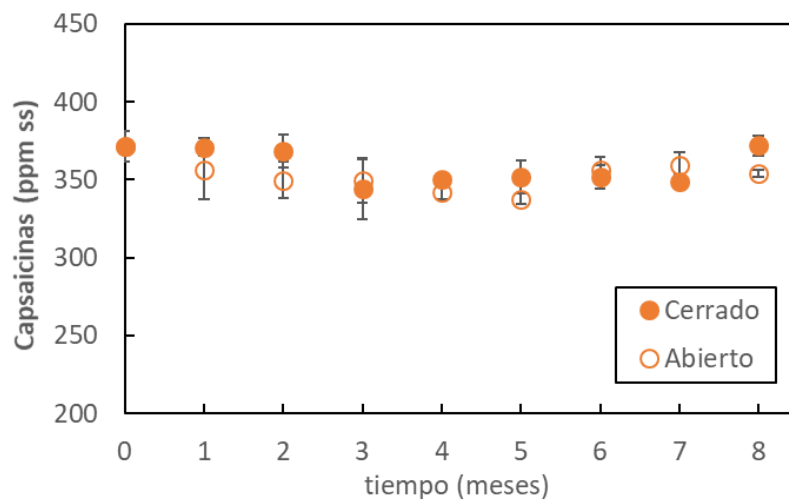


Figura 6.104. Evolución del contenido en capsaicinas (ppm ss) durante el tiempo de almacenamiento en muestras almacenadas en botes cerrados y abiertos.

Tabla 6.18. Resultados del ANOVA de dos vías (variables independientes: tiempo y bote), teniendo en cuenta las interacciones entre variables. Comparación entre muestras de *pebre vermell coent mallorquí* almacenadas en botes cerrados y abiertos a diferentes tiempos.

	tiempo		bote		tiempo x bote	
	F	p	F	p	F	p
L*	5.9	***	129	***	16.1	***
a*	32.4	***	0.1	ns	3.9	**
b*	3.9	**	8.1	**	3.7	**
C*	5.5	***	3.4	ns	4.5	***
hue	10.8	***	11.2	**	3.1	**
ΔE	38.8	***	9.7	**	4.5	***
ASTA	236	***	111	***	11.7	***
RY	37.1	***	16.2	***	2.3	*
IO	176	***	3.6	ns	10.8	***
Capsa	6.4	***	7.7	**	2.7	*

***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ns: no significativo

Tabla 6.19. Resultados del test de comparaciones múltiples para muestras de *pebre vermell coent mallorquí* almacenadas en botes cerrados (C) y abiertos (A). Comparación entre resultados a diferentes tiempos de almacenamiento (0-8 meses).

	L*	a*	b*	C*	hue	ΔE	ASTA	R/Y	IO	Capsa
C:1-C:0	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns
C:2-C:1	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:3-C:2	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:4-C:3	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns
C:6-C:5	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:7-C:6	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns
C:8-C:7	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	*
A:1-A:0	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns
A:2-A:1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns
A:3-A:2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A:4-A:3	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
A:5-A:4	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A:6-A:5	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns
A:7-A:6	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A:8-A:7	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ns: no significativo

Tabla 6.20. Resultados del test de comparaciones múltiples para muestras de *pebre vermell coent mallorquí* almacenadas diferentes tiempos (0-8 meses). Comparación entre botes cerrados (C) y abiertos (A).

	L*	a*	b*	C*	hue	ΔE	ASTA	R/Y	IO	Capsa
C:0-A:0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:1-A:1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:2-A:2	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C:3-A:3	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
C:4-A:4	***	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	*	ns
C:5-A:5	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns
C:6-A:6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	**	ns
C:7-A:7	***	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	***	ns
C:8-A:8	***	ns	**	***	ns	**	ns	ns	ns	ns

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: no significativo

7 CONCLUSIONES

7.1 Diferenciación entre el *pebre vermell coent mallorquí* y el pimentón externo

Se han comparado por aplicación de métodos estadísticos, las características físico-químicas de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* elaborado con la variedad de pimiento cirereta, con las obtenidas para muestras de pimentón de otras variedades, elaboradas fuera de la isla de Mallorca.

En la siguiente tabla, Tabla 7.1, se muestran la media recortada y el error estándar para las variables en las que se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos de muestras.

Tabla 7.1. Valores medios, desviaciones e intervalos de tolerancia de las variables físico-químicas para las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y de pimentón externo.

VARIABLE	<i>Pebre vermell coent mallorquí</i>	Pimentón externo
Color R/Y	1.004 $\pm$ 0.001	0.981 $\pm$ 0.003
L*	41.2 $\pm$ 0.9	35.7 $\pm$ 0.9
a*	36.7 $\pm$ 0.9	30.0 $\pm$ 1.2
b*	40.9 $\pm$ 1.2	29.3 $\pm$ 2.7
C*	54.8 $\pm$ 1.0	42.4 $\pm$ 2.4
Cenizas (% ss)	6.2 $\pm$ 0.2	7.1 $\pm$ 0.3
Grasa (% ss)	10.8 $\pm$ 0.3	14.7 $\pm$ 1.1
Fibra (% ss)	38.3 $\pm$ 1.8	46.8 $\pm$ 2.5
Al (ppm ss)	22.4 $\pm$ 4.9	105.2 $\pm$ 31.8
Ca (ppm ss)	1245 $\pm$ 115	1826 $\pm$ 244
Fe (ppm ss)	53.8 $\pm$ 1.9	89.7 $\pm$ 15.5
Mg (ppm ss)	1857 $\pm$ 36	2266 $\pm$ 119
Ni (ppb ss)	234 $\pm$ 28	505 $\pm$ 60
Sr (ppm ss)	4.5 $\pm$ 0.8	10.9 $\pm$ 1.9

Respecto a las variables de color, se observa que, en comparación con las muestras externas de pimentón, el color de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* presenta:

- Un valor medio de la variable R/Y, ligeramente superior, lo que indica una mayor proporción de color rojo.
- Valores de las coordenadas de color CIELab* (L*, a*, b*, C* y hue*) considerablemente superiores, lo que indica una mayor luminosidad y saturación de color.

En cuanto a las variables químicas, se observa que, en comparación con las muestras externas de pimentón, las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* presentan:

- Presentan un menor contenido en cenizas totales, aproximadamente un 12 % menos

- contenido medio en grasa 4 puntos menor, es decir, aproximadamente un 27 % menos, probablemente debido al método de elaboración, en el que se incluyen solo parte de las semillas.
- contenido medio en fibra dietética un 22% inferior, atribuible probablemente a diferentes factores como son la variedad de pimiento, las condiciones agroclimáticas de cultivo y el método de procesado.
- contenidos inferiores en diversos minerales como aluminio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, níquel y estroncio, probablemente relacionado con el medio de cultivo y con la variedad de pimiento utilizado en la elaboración

Mediante el análisis estadístico multivariable, se concluye que las variables que mejor permiten diferenciar entre las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y otros pimentones picantes externos son las variables de color R/Y y CIELab* y los contenidos en cenizas, grasa, fibra dietética, aluminio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, níquel y estroncio; de modo que las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* tendrán:

- R/Y ↑: mayor contribución del color rojo en relación al amarillo
- L*, a* y b* ↑: más luminosidad y con mayor contribución de amarillo y rojo
- Contenidos en grasa y fibra ↓: menor proporción de semillas en el producto
- Contenido en cenizas y en diferentes minerales : menor proporción de minerales como Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Ni y Sr ↓

A la vista de estos resultados, se han representado en la Figura 7.1, el contenido en grasa frente a la variable de color Croma*, para las muestras de *pebre vermell coent mallorquí*, y de pimentón picante externas. En la figura se observa cómo ambos conjuntos de muestras quedan claramente separados en la representación.

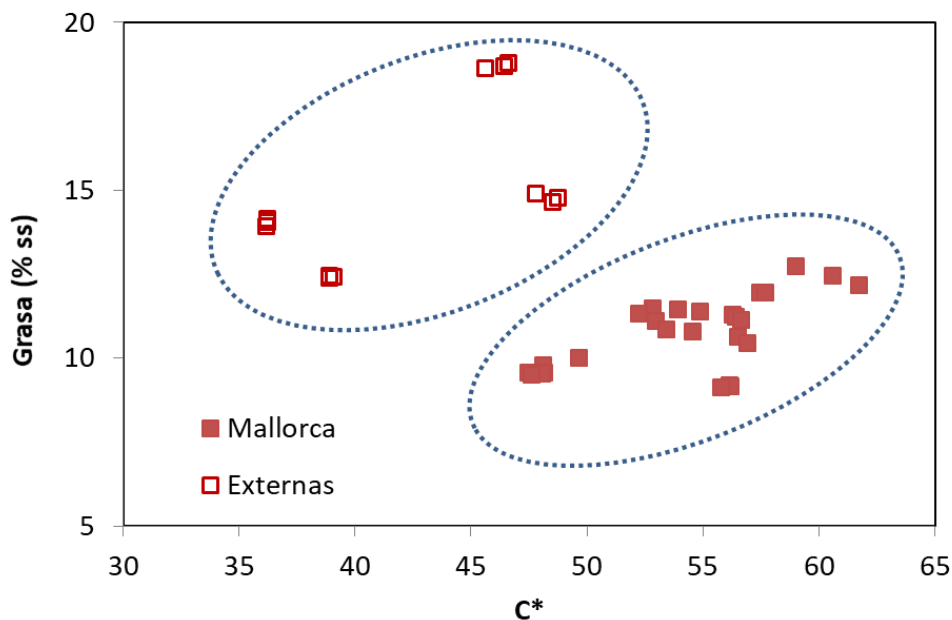


Figura 7.1. Representación del contenido en grasa frente a la variable de color Croma* para las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* y de pimentón picante externas.

7.2 Influencia del medio agroclimático

Por aplicación de métodos estadísticos univariable y multivariable, se han comparado los resultados de las variables físico-químicas de las muestras de *pebre vermell coent mallorquí* elaborado con la variedad autóctona de pimiento cirereta cultivado en Mallorca, y el cultivado en la península.

En la siguiente tabla, Tabla 7.2, se muestran las medias, desviaciones e intervalos de tolerancia, de las variables en las que se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos de muestras. Solo se encontraron diferencias significativas en el contenido en grasa y en ciertos minerales.

En comparación con las muestras cultivadas en la península, las muestras de *pebre coent mallorquí* presentan:

- contenido medio en grasa ligeramente superior, si bien como media, existió una diferencia de aproximadamente un punto en porcentaje.
- contenidos en cobre, y níquel inferiores
- contenidos en hierro, magnesio y manganeso superiores

Tabla 7.2. Valores medios, desviaciones e intervalos de tolerancia de las variables físico-químicas para las muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca, y el cultivado en la península.

VARIABLE	Cultivado en Mallorca	Cultivado en la Península
Grasa (% ss)	10.3 ± 0.3	9.2 ± 0.1
Cu (ppm ss)	9.6 ± 0.3	11.7 ± 0.3
Fe (ppm ss)	49.6 ± 1.9	43.5 ± 1.6
Mg (ppm ss))	1857 ± 48	1608 ± 70
Mn (ppm ss)	10.9 ± 0.3	9.5 ± 0.2
Ni (ppb ss)	178 ± 30	318 ± 29

Mediante el análisis estadístico multivariable, se concluye que las variables que mejor permiten diferenciar entre las muestras de *pebre vermell coent* cultivado en Mallorca y el cultivado en la península son:

- Contenido en grasa ↑
- Cu, Ni ↓
- Fe, Mg y Mn ↑

7.3 influencia del estado de maduración del pimiento de la variedad cirereta sobre las características del *pebre vermell coent mallorquí*

El pimentón obtenido a partir de pimientos de la variedad cirereta presentó importantes diferencias en sus características, dependiendo de su grado de maduración:

- Los pimientos “poco maduros” (CMad1) presentaron problemas durante los procesos de secado y molienda, obteniéndose un pimentón con un contenido en humedad elevado y tamaños de partícula excesivos.

- El parámetro ASTA aumentó considerablemente con la maduración de los pimientos alcanzándose valores elevados en las muestras correspondientes a los pimientos “maduros” o “muy maduros”.
- Respecto al color, los pimientos de cirereta poco maduros (CMad1) no pudieron considerarse aceptables para la fabricación de pimentón picante de Mallorca.
- Las muestras intermedias (CMad2 y CMad3) presentaron mayor contenido en grasa pero menor en fibra.
- El contenido en carotenoides totales aumentó considerablemente con la maduración de los pimientos, estabilizándose en aproximadamente 4000 ppm ss en las muestras CMad3 y CMad4.
- El contenido en capsaicinas aumentó considerablemente en todos los estados de maduración obteniéndose valores entre 200 y 1300 ppm ss, evidenciando la estrecha relación entre el estado de maduración del pimiento y el grado de picante del pimentón.

7.4 Segunda vida útil del *pebre vermell coent mallorquí*

Las características del *pebre vermell coent mallorquí* se conservaron bien a temperatura ambiente (~22°C), tanto en los botes cerrados como abiertos, sin observarse importantes cambios en los parámetros de calidad, exceptuando en el ASTA. Concretamente, se observaron:

- ligeros descensos en el parámetro de color a^* (menor intensidad del rojo) y aumentos en ΔE con el tiempo, más acusados en los botes abiertos
- Luminosidad (L^*) constante en las muestras conservadas en los botes cerrados, pero descenso de este parámetro en las muestras conservadas en los botes abiertos
- descensos en el parámetro ASTA principalmente durante los primeros meses, más acusados en los botes abiertos
- pequeños aumentos en el índice de oscurecimiento
- contenido estable en capsaicinas

8 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo financiero del *Fons de Garantia Agrària i Pesquera de les Illes Balears* (FOGAIBA) y a la *Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació* de la CAIB (proyecto BIA17/18).

9 BIBLIOGRAFÍA

- Addala, R. (2015). Effect of Storage Conditions on Rate of Color Degradation of Paprika based Products. *Journal of Food Processing & Technology*, 06(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000423>
- Aizawa, K., & Inakuma, T. (2009). Dietary capsanthin, the main carotenoid in paprika (*Capsicum annuum*), alters plasma high-density lipoprotein-cholesterol levels and hepatic gene expression in rats. *British Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1017/S0007114509991309>
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P. C., Shahidi, F., & Wiktorowicz, R. (2005). Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics

- and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry*, 89(1), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.013>
- Ayuso, M. C., Bernalte, M. J., Lozano, M., García, M. I., De Espinosa, V. M., Pérez, M. M., ... Somogyi, N. (2008). Quality characteristics of different red pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) for hot paprika production. *European Food Research and Technology*, 227(2), 557–563. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0756-z>
- Berke, T. G., & Shieh, S. C. (2012). *Capsicum* cultivars. In *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition* (Second Edi, Vol. 1). <https://doi.org/10.1533/9780857095671.116>
- Brunner, M., Katona, R., Stefánka, Z., & Prohaska, T. (2010). Determination of the geographical origin of processed spice using multielement and isotopic pattern on the example of Szegedi paprika. *European Food Research and Technology*, 231(4), 623–634. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1314-7>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2018). Nonparametric Regression in R. An Appendix to An R Companion to Applied Regression, third edition. In *An R Companion to Applied Regression, third edition*.
- Frayssinet, C., Osterrieth, L. M., Borrelli, L. N., Fernández Honaine, M., Ciarlo, E., & Heiland, P. (2019). Effect of silicate fertilizers on wheat and soil properties in Southeastern Buenos Aires province, Argentina. A preliminary study. *Soil and Tillage Research*, 195(August), 104412. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104412>
- García, M. I., Lozano, M., de Espinosa, V. M., Ayuso, M. C., Bernalte, M. J., Vidal-Aragón, M. C., & Pérez, M. M. (2007). Agronomic characteristics and carotenoid content of five Bola-type paprika red pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.02.003>
- Granado, F., Olmedilla, B., & Blanco, I. (2003). Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1079/bjn2003927>
- Hubert, M., & Vandervieren, E. (2008). An adjusted boxplot for skewed distributions. *Computational Statistics and Data Analysis*. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.11.008>
- Hussein, G., Sankawa, U., Goto, H., Matsumoto, K., & Watanabe, H. (2006). Astaxanthin, a carotenoid with potential in human health and nutrition. *Journal of Natural Products*. <https://doi.org/10.1021/np050354+>
- Iqbal, Q., Amjad, M., Asi, M., Ariño, A., Ziaf, K., Nawaz, A., & Ahmad, T. (2015). Stability of Capsaicinoids and Antioxidants in Dry Hot Peppers under Different Packaging and Storage Temperatures. *Foods*, 4(4), 51–64. <https://doi.org/10.3390/foods4020051>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Package Version 1.0.7. *R Package Version*.
- Kaulmann, A., & Bohn, T. (2014). Carotenoids, inflammation, and oxidative stress-implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. *Nutrition Research*, 34(11), 907–929. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2014.07.010>
- Kim, J.-S., Lee, W.-M., Rhee, H. C., & Kim, S. (2016). Red paprika (*Capsicum annuum* L.) and its main carotenoids, capsanthin and β -carotene, prevent hydrogen peroxide-induced inhibition of gap-junction intercellular communication. *Chemico-Biological Interactions*, 254, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2016.05.004>
- Koncsek, A., Kruppai, L., Helyes, L., Bori, Z., & Daoood, H. G. (2016). Storage Stability of Carotenoids in Paprika from Conventional, Organic and Frost-Damaged Spice Red Peppers as Influenced by Illumination and Antioxidant Supplementation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(3), 453–462. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12623>

- Krajayklang, M., Klieber, A., & Dry, P. R. (2000). Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 269–278. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00141-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00141-1)
- Krinsky, N. I., Landrum, J. T., & Bone, R. A. (2003). Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition*. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073307>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR. *Journal of Statistical Software*.
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Croux, C., Todorov, V., Ruckstuhl, A., Salibian-barrera, M., ... Koller, M. (2015). robustbase: Basic Robust Statistics. *R Package*.
- Maeda, H., Saito, S., Nakamura, N., & Maoka, T. (2013). Paprika Pigments Attenuate Obesity-Induced Inflammation in 3T3-L1 Adipocytes. *ISRN Inflammation*. <https://doi.org/10.1155/2013/763758>
- Mair, P., & Wilcox, R. (2020). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>
- Maoka, T., Mochida, K., Kozuka, M., Ito, Y., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., ... Nishino, H. (2001). Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Letters*. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(01\)00635-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(01)00635-8)
- Mínguez, M. I. (1996). *Carotenoides en el Pimentón: Factores Responsables de Su Degradación*. Editorial CSIC - CSIC Press.
- Molnár, H., Kónya, É., Zalán, Z., Bata-Vidács, I., Tömösközi-Farkas, R., Székács, A., & Adányi, N. (2018). Chemical characteristics of spice paprika of different origins. *Food Control*, 83, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.028>
- Naccarato, A., Furia, E., Sindona, G., & Tagarelli, A. (2016). Multivariate class modeling techniques applied to multielement analysis for the verification of the geographical origin of chili pepper. *Food Chemistry*, 206, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.072>
- Nieto-Sandoval, J. M., Fernández-López, J. A., Almela, L., & Muñoz, J. A. (1999). Dependence between apparent color and extractable color in paprika. *Color Research and Application*. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199904\)24:2<93::AID-COL4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199904)24:2<93::AID-COL4>3.0.CO;2-W)
- Palacios-Morillo, A., Jurado, J. M., Alcázar, Á., & de Pablos, F. (2014). Geographical characterization of Spanish PDO paprika by multivariate analysis of multielemental content. *Talanta*, 128, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.04.025>
- Peng, J., Yuan, J. P., Wu, C. F., & Wang, J. H. (2011). Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: Metabolism and bioactivities relevant to human health. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/md9101806>
- Ramalle-Gomara, E., & Andrés de Llano, J. M. (2003). Utilización de métodos robustos en la estadística inferencial. *Atención Primaria*, 32, 177–182.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., & Jung, G. (2001a). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49(1), 63–72. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00185-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00185-0)
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., & Jung, G. (2001b). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49(1), 63–72. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00185-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00185-0)
- Sancho Gómez, J., & Navarro Albaladejo, F. (1956). Pimientos y Pimentón. *Anales de La Universidad de*

Murcia. Ciencias, (1).

- Staller, M. (2012). *Caracterización morfológica, agronómica y de calidad del pimiento y pimentón de la variedad tap de cortí.*
- Topuz, A., Dincer, C., Özdemir, K. S., Feng, H., & Kushad, M. (2011). Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). *Food Chemistry*, 129(3), 860–865. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.035>
- Topuz, A., Feng, H., & Kushad, M. (2009). The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1667–1673. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.014>
- Uchiyama, S., & Yamaguchi, M. (2006). β -cryptoxanthin stimulates apoptotic cell death and suppresses cell function in osteoclastic cells: Change in their related gene expression. *Journal of Cellular Biochemistry*. <https://doi.org/10.1002/jcb.20824>
- Victoria-Campos, C. I., Ornelas-Paz, J. D. J., Ramos-Aguilar, O. P., Failla, M. L., Chitchumroonchokchai, C., Ibarra-Junquera, V., & Pérez-Martínez, J. D. (2015). The effect of ripening, heat processing and frozen storage on the in vitro bioaccessibility of capsaicin and dihydrocapsaicin from Jalapeño peppers in absence and presence of two dietary fat types. *Food Chemistry*, 181, 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.119>
- Wei, T., & Simko, V. (2016). The corrplot package. *R Core Team*.
- Yamaguchi, M. (2012). Role of carotenoid β -cryptoxanthin in bone homeostasis. *Journal of Biomedical Science*. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-19-36>
- Yuen, K. K. (1974). The two-sample trimmed t for unequal population variances. *Biometrika*. <https://doi.org/10.1093/biomet/61.1.165>
- Wilcox, R. W., & Tian, T. S. (2011). Measuring effect size: A robust heteroscedastic approach for two or more groups. *Journal of Applied Statistics*. <https://doi.org/10.1080/02664763.2010.498507>
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 slightly revised May, 2016. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>