

Utilización de raspón de uva en la elaboración de sustratos específicos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer

A. Pardo, M.A. Perona, J. Pardo

Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (C.I.E.S.). C/ Peñicas, s/n; Apdo. 8. 16220 Quintanar del Rey, Cuenca. España.
E-mail: apardo.cies@dipucuenca.es

Resumen

Se describe en el presente trabajo el estudio de la viabilidad del empleo de raspón de uva, solo o combinado con otros materiales lignocelulósicos, en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer, segundo hongo en importancia cultivado en España. Se han considerado, además, dos métodos diferentes de preparación del sustrato y dos tamaños de contenedor. Los mejores resultados en cuanto a los parámetros de producción han sido proporcionados por los sustratos que combinaban raspón con paja y con kenaf, resultando desfavorables los basados en raspón solo o combinado con alperujo. En cuanto al tratamiento aplicado a los materiales, la aplicación de inmersión con fungicida y posterior pasteurización ha dado mejor resultado que la inmersión en agua sola y posterior pasteurización y acondicionamiento termófilo. Por otro lado, el formato de saco grande (15 kg de sustrato) proporcionó mejores resultados que el pequeño (5 kg de sustrato).

Palabras clave: setas cultivadas, parámetros de producción, escobajo, sustrato selectivo

Summary

Use of grapewine stem in the elaboration of specific substrates for *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer cultivation

In this work, the study of viability of the grapewine stem use, alone or combined with other lignocelulosic materials, in the elaboration of specific substrates for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer, second mushroom in importance cultivated in Spain, is described. Furthermore, two different methods of preparation of the substrate and two container sizes have been considered. As for the production parameters, the best results have been provided by the substrates that combined grapewine stem with straw and with kenaf, being unfavorable the substrates based in just grapewine stem or combined with olive mill dried waste. As for the treatment applied to the materials, the immersion in water with fungicide and later pasteurization has been favoured in front of the immersion in water alone and subsequent pasteurization and thermophilic conditioning. On the other hand, the format of large bag (15 kg of substrate) provided better results that the small one (5 kg of substrate).

Key words: oyster mushroom, production parameters, grapewine stem based selective substrate

Introducción

El cultivo comercial de setas *Pleurotus* comenzó a tomar importancia en el sector castellanomanchego de los hongos comesti-

bles cultivados al inicio de la pasada década de los noventa, y su evolución, desde entonces, no ha parado de crecer gracias a la aceptación comercial que está suscitando. En los momentos actuales la producción de

la comarca de "La Manchuela" (provincias de Cuenca y Albacete) supone aproximadamente el 70% del total cultivado en España, unos 7.000.000 kg anuales.

Las setas en forma de ostra (*Pleurotus ostreatus*) son los hongos de incorporación histórica más reciente, en la relación a los cultivados de mayor importancia industrial en el mundo, ya que su primer registro histórico data de 1910. No obstante, la dinámica de su expansión ha sido espectacular, especialmente en las dos últimas décadas, lo que le ha supuesto encaramarse actualmente al segundo lugar en la producción mundial de hongos cultivados. Sin duda este hecho viene favorecido por la versatilidad de disponer de varias especies adaptables a diferentes exigencias climáticas y de ser capaz de crecer sobre una amplia gama de materiales lignocelulósicos. A estas circunstancias hay que sumarle su atractivo sabor y su valor nutritivo, muy singulares.

El comienzo del cultivo de *Pleurotus* fue en tocones y troncos de árboles, a comienzos del siglo XX (Falck, 1917). Doce años más tarde Etter (1929) produjo cuerpos fructíferos de *Pleurotus* en cultivo. Block et al. (1958, 1959) describieron un amplio informe sobre el cultivo de este hongo y la utilización de serrines como sustrato. Ya en la década de los 60 el cultivo comienza a expandirse a nivel industrial por Europa y Estados Unidos (Zadrazil, 1978).

Muez y Pardo (2002) han caracterizado y recopilado un amplio muestrario de materiales utilizables como sustrato de cultivo de *Pleurotus*: pajas de cereales (trigo, cebada, etc.), restos de cultivo para uso industrial o de plantas espontáneas (pajas de colza, lino, algodón, tallos y vasos de girasol, hojas de tabaco, sarmiento de vid, raspón de uva, carrizos, juncos, etc.), subproductos agroindustriales (cascarillas de semilla de algodón, de girasol, de arroz, de cacahuete, harina

de semilla de uva, orujo de uva de alcoholería, alperujo de aceituna, etc.), henos (festuca, fleo, grama, vallico, alfalfa, etc.), pajas de leguminosas (judía, lenteja, veza, guisante, etc.) y salvados (trigo, centeno, cebada, arroz, avena, etc.). Existen referencias, recopiladas por Rinker (2002), sobre utilización del compost agotado de champiñón en el cultivo de diferentes especies de hongos comestibles, entre otras de los géneros *Agaricus*, *Auricularia*, *Lentinula*, *Pleurotus* y *Volvariella*. Los materiales elegibles para ser utilizados en la preparación de sustratos para cultivo de *Pleurotus* deben poseer, de partida, el mayor y mejor número posible de propiedades positivas tales como: buena disponibilidad en cantidad y continuidad, características físico-químicas adecuadas, regularidad en su composición físico-química, precio ventajoso de adquisición, localización fácil y cercana y facilidad de transporte y manejo.

A diferencia del *Agaricus* (champiñón) los hongos *Pleurotus* no exigen un sustrato con selectividad química ya que puede crecer en medios nutritivos con una relación C/N comprendida en un rango amplio de valores de, al menos, entre 30 y 300. Sí necesita en cambio una selectividad biológica. La flora acompañante, cuando existe, debe ser protectora y no competidora (Muez, 1994). Por todo lo indicado anteriormente, se comprende que con una relación C/N tan versátil, casi cualquier subproducto vegetal, o combinaciones de dos o más de ellos, es utilizable para el cultivo de *Pleurotus* spp.

Varios son los métodos que existen en la actualidad para la preparación de sustrato de cultivo de *Pleurotus*. Muez y Pardo (2002) han recopilado los más utilizados, entre los que se encuentran el denominado método no estéril, el de los "pellets" de paja, el de inmersión en agua caliente, el de esterilización térmica, el de tratamiento químico, el de fermentación "en frío" y, por último, el

método de pasteurización, que es el procedimiento típico a escala industrial y el más seguido en el mundo, aunque no proporciona una protección natural del sustrato frente a las contaminaciones fúngicas, especialmente si se trata de *Trichoderma* spp.

La forma y el tamaño del recipiente en el que se colocará el sustrato después de inoculado forma parte del paquete tecnológico que se aplica para cultivar un hongo y debe ser definido desde antes del inicio de las actividades de la empresa. Desde el punto de vista del hongo, los criterios técnicos que deben ser observados para definir el recipiente son: la facilidad de ventilación y de intercambio gaseoso, la facilidad de disipación de calor y el mantenimiento de la humedad del sustrato. Otros criterios adicionales son la facilidad de manejo y llenado, la facilidad de cosecha de hongos, así como la disponibilidad de materiales y su precio. En cuanto al peso, se debe encontrar un equilibrio dentro de ciertos límites, entre 4 y 20 kg, teniendo en cuenta que con mayor cantidad de sustrato las pérdidas de humedad son menores, aunque aumentan los problemas de heterogeneidad de la humedad y de disipación del calor generado. Debido a los hábitos de crecimiento que presenta en general el género *Pleurotus*, normalmente se emplean recipientes de mayor superficie vertical que horizontal, generalmente bolsas de polietileno de tamaño variable, transparentes o negras, recomendándose la realización de perforaciones en torno al 2% de la superficie expuesta al aire, evitándose así la deshidratación del sustrato y estimulándose la formación de esporóforos grandes (Sánchez y Royse, 2002).

El objetivo del presente trabajo supone el estudio de la viabilidad del empleo de raspón de uva, solo o combinado con paja, kenaf, sarmiento y alperujo, en la elaboración de sustratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer, consideran-

do además dos diferentes métodos de preparación y dos tamaños de contenedor.

Materiales y métodos

Elaboración de los sustratos

Los materiales empleados, cuyas características se presentan en la tabla 1, fueron:

- Raspón (escobajo): raspa que queda del racimo después de quitarle las uvas, residuo del despallado de la uva en la bodega (Coop. San Isidro, Quintanar del Rey, Cuenca)
- Paja: mezcla de paja de trigo y cebada (2:1, p/p) (Montecarrillo, S.L., Casasimarro, Cuenca).
- Kenaf: fracción de fibra corta tras el desfibrado mecánico del leño de *Hibiscus cannabinus* L. (Kafus Internacional España, S.A., Albacete).
- Sarmiento: residuo de poda de *Vitis vinifera* L. triturado y tamizado a tamaño inferior a 3 mm (CIES, Quintanar del Rey, Cuenca).
- Alperujo ("pulpa" de alperujo): Residuo pulverulento del agotamiento del alperujo de aceituna tras la segunda extracción con disolventes (Cooperativas Agrícolas Albacenses, S.C.L., La Gineta, Albacete).

En cuanto al procedimiento de preparación, los materiales estudiados como sustratos de cultivo fueron raspón solo o combinado al 50% (p/p) con paja, kenaf, sarmiento y alperujo. Los materiales fueron mezclados y humectados tras lo cual se llevó a cabo un tratamiento *indoor* en cámaras especialmente diseñadas al efecto provistas de circulación de aire e inyección de vapor. Dos tratamientos diferentes fueron aplicados:

- Pasteurización (60 °C, 8 h), descenso en 12 h a 45 °C, tratamiento termófilo (mantenimiento entre 45 y 37 °C durante 5 d) y

descenso en 12 h a temperatura de siembra (25 °C).

2) Tratamiento fungicida con benomilo (Benlate® Du Pont) en el agua de impregnación (0,2 g L⁻¹), pasteurización (60 °C, 8h) y descenso en 18 h a temperatura de siembra (25 °C).

Finalizados los tratamientos, los sustratos, cuyas características se presentan en la tabla 2, fueron sembrados utilizando una dosis de siembra del 3% (p/p) y empleando micelio comercial Gurelan H-9 (Gurelan, S.C., Huarate-Pamplona, Navarra). Por último se procedió al ensacado, empleando para ello sacos transparentes de polietileno en dos diferentes formatos:

1) Sacos cilíndricos, de 21,5 cm de diámetro y altura variable dependiendo del tipo de material, con capacidad para 5 kg de sustrato, a los que se practicaron 4 orificios de 22 mm de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie lateral del saco.

2) Sacos paralelepípedicos, de 56 x 37 cm de base y altura variable, con capacidad para 15 kg de sustrato, a los que se practicaron 10 orificios de 22 mm de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie lateral y superior del saco.

Metodología analítica para la caracterización de materiales

Para la caracterización de las materias primas y los sustratos elaborados se llevaron a cabo las siguientes determinaciones:

a) Humedad: por desecación en estufa a 105 °C (MAPA, 1994).

b) pH: directamente sobre el extracto 1:6, v/v (Ansorena, 1994).

c) Nitrógeno total: por el método Kjeldahl (MAPA, 1994; Tecator, 1987).

d) Cenizas: por calcinación a 540 °C (MAPA, 1994).

e) Materia orgánica: por diferencia con cenizas (Ansorena, 1994).

f) Relación C/N: a partir del contenido en materia orgánica y nitrógeno total.

g) Fibra bruta: por el método Weende (MSC, 1985a).

h) Grasa bruta: por extracción con éter etílico (MSC, 1985b).

i) Extractivos libres de nitrógeno (ELN): restando de 100 g de materia seca la suma de los porcentajes de fibra bruta, grasa bruta, proteína bruta y cenizas brutas (González et al., 1987).

j) Solubles neutro-detergentes, lignina, celulosa y hemicelulosa: por la técnica "van Soest", según se describe en González et al. (1987).

k) Prospección de *Trichoderma* spp. (Tello et al., 1991).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un Plan Factorial Equilibrado 5 x 2 x 2 con cinco repeticiones (bloques al azar con factorial de tres factores), para lo que se utilizaron un total de 100 sacos de sustrato distribuidos en cinco bloques. El factor 1, con cinco niveles, correspondió al tipo de sustrato, el factor 2, con dos niveles, al tipo de tratamiento aplicado, y el factor 3, con dos niveles, al formato de envasado utilizado.

Conducción y seguimiento del ciclo de cultivo

El desarrollo de los ciclos de cultivo tuvo lugar en una cámara visitable en condiciones climáticas controladas y dentro de los rangos recomendados para la cepa objeto

de estudio (CIES, 2000). La incubación de los sustratos se desarrolló entre 25 y 29 °C durante 24 días, sin ventilación exterior ni iluminación, tras los cuales se procedió a la inducción de la fructificación mediante ventilación, reducción de la temperatura y humedad relativa e iluminación. La duración total del ciclo de cultivo fue de 70 días.

La recolección de los setas se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo. El número de "piñas" y de setas cosechadas se determinó mediante recuento durante todo el ciclo de cultivo, entendiendo como "piña" al grupo de carpóforos que fructifican simultáneamente desde el mismo orificio practicado en el saco de sustrato. Para calcular el rendimiento, expresado en kg, se pesó, con precisión de 1 g, la cantidad de setas producidas diariamente por cada saco. El peso unitario de las setas, expresado en g, se determinó a partir del rendimiento obtenido y del número de esporóforos cosechados.

La eficiencia biológica, que expresa la relación entre el rendimiento de setas producidas y la cantidad de sustrato utilizada (materia seca), se estableció a partir del rendimiento proporcionado por cada paquete, teniendo en cuenta la densidad de carga del sustrato en los sacos y su contenido en humedad.

La precocidad se estableció como el tiempo, en días, transcurridos desde la operación de siembra del sustrato hasta la cosecha de la primera florada, ponderando la producción relativa diaria de la misma; una florada se corresponde con cada ciclo de producción que se repite de manera rítmica durante la cosecha.

Se ha establecido un parámetro indicador del grado de fructificación, definido como el cociente entre el número de piñas producidas y el número de orificios practicados a los sacos.

Para la evaluación de los parámetros de calidad se utilizaron setas de tamaño y madurez uniforme, seleccionadas el día de la máxima cosecha. Para calcular el contenido en materia seca, expresado en g kg⁻¹, se midió la pérdida de peso tras desecación a 105 °C (MAPA, 1994); para desecar las muestras se utilizó una estufa universal con circulación forzada de aire, marca Selecta, modelo Digitronic (J.P. Selecta, S.A., Abrera, Barcelona, España). El contenido en proteínas de los carpóforos, expresado en g kg⁻¹, se calculó multiplicando el contenido en nitrógeno total por un factor de conversión de 4,38 (Delmas, 1989). El contenido en nitrógeno total se determinó mediante el método Kjeldahl (MAPA, 1994); para ello, se utilizó un digestor marca Tecnit, modelo D-12 (Tecnología Ibérica de Laboratorio, S.L., Madrid, España), y un analizador automático marca Tecator, modelo Kjeltex Auto 1030 Analyzer (Tecator AB, Höganäs, Suecia). Para determinar el contenido en cenizas de los carpóforos, se procedió a la calcinación directa de las muestras a 540°C (MAPA, 1994), en un horno mufla eléctrico marca Selecta, modelo Select-Horn (J.P. Selecta, S.A., Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en g kg⁻¹.

Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus v. 4.1 (Statistical Graphics Corp., Princeton, NJ, USA). Se empleó la técnica de análisis de varianza para evaluar los datos. Para el establecimiento de diferencias significativas entre medias se utilizó el test de Tukey-HSD (p=0.05).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización de los materiales de base

empleados en la elaboración de los sustratos. Con respecto al resto de materiales, el raspón destaca principalmente por su alto contenido en humedad, nitrógeno, cenizas, y lignina, su bajo contenido en celulosa y hemicelulosa y su baja relación C:N.

La tabla 2 muestra los resultados analíticos de los sustratos elaborados. Los valores de pH se situaron entre 6,06 y 7,73, mientras los contenidos en humedad oscilaron entre 609 y 733 g kg⁻¹. Los resultados obtenidos para el nitrógeno total y el contenido en materia orgánica proporcionaron relaciones C/N entre 34,0 y 54,5. Los resultados para el resto de los parámetros se ajustaron, en general, a las características de los ingredientes utilizados en las mezclas. Ninguno de los sustratos mostró inicialmente presencia de *Trichoderma* spp., hongo competidor capaz de invadir rápidamente el sustrato, principalmente durante la incubación, dificultando el crecimiento del micelio de *Pleurotus*, siendo responsable de importantes pérdidas económicas en el cultivo comercial.

En cuanto a los parámetros de producción, en la tabla 3 aparecen las respuestas agronómicas proporcionadas por las diferentes combinaciones de materiales empleados-tratamiento aplicado-formato de envase. En cuanto a la precocidad, el mayor adelanto de la cosecha se obtuvo con el sustrato basado en paja y raspón, tratado con fungicida en envase grande (R+P/PB/E15), mientras que el menos precoz (68 días) resultó ser el de raspón con alperujo pasteurizado y en formato grande (R+A/PA/E15). Los mayores valores para la eficiencia biológica (57,7) fueron proporcionados por las combinaciones de kenaf+raspón-tratamiento de pasteurización y fungicida-envase pequeño (R+K/PB/E5) y la de paja+raspón-tratamiento de pasteurización y fungicida-envase grande (R+P/PB/E15). Los sustratos basados en raspón solo o combinado con alperujo obtuvieron, en general, bajos valores de la eficiencia biológica. Los datos obtenidos para el índice de fructificación se correspondieron con la eficiencia biológica, de manera que los valores más altos de eficiencia biológica se corresponden con un mayor

Tabla 1. Caracterización química de los materiales empleados en la elaboración de los sustratos
Table 1. Chemical properties of materials used for the preparation of the substrates

	Paja trigo	Paja cebada	Kenaf	Sarmiento	Alperujo	Raspón
Humedad (g kg ⁻¹)	10,0	10,6	11,5	11,5	11,8	16,0
Nitrógeno total (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	0,34	1,07	1,14	0,65	1,31	1,53
Cenizas (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	5,35	7,97	8,53	6,47	11,23	17,8
Materia orgánica (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	94,65	92,03	91,47	93,53	88,77	82,20
Relación C/N	161,5	49,9	46,5	83,5	39,3	31,2
Fibra bruta (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	46,28	44,67	45,2	53,01	51,54	48,34
Grasa bruta (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	0,93	1,52	0,53	0,46	6,35	0,70
E.L.N. (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	45,32	39,15	38,62	36,00	22,69	23,60
Solubles neutro-detergentes (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	20,35	22,42	25,38	20,17	26,17	20,41
Hemicelulosa (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	28,32	26,81	19,30	20,76	18,84	9,24
Celulosa (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	29,75	20,25	22,55	30,05	21,15	15,70
Lignina (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	16,22	22,55	24,24	22,55	22,60	36,85

Tabla 2. Caracterización química y biológica de los sustratos elaborados
Table 2. Chemical and biological properties of specific substrates

	R/PA	R+P/PA	R+K/PA	R+S/PA	R+A/PA	R/PB	R+P/PB	R+K/PB	R+S/PB	R+A/PB
pH (aq. 1:5, p/v)	7,71	7,51	8,12	7,07	6,75	7,73	7,31	7,31	7,31	7,36
Humedad (g kg ⁻¹)	609	622	733	644	584	647	670	709	680	621
Nitrógeno total (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	13,6	8,8	13,0	10,1	12,9	13,2	9,0	12,0	10,2	13,8
Cenizas (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	199	146	182	164	189	227	154	182	149	185
Materia orgánica (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	801	854	818	836	812	773	846	818	851	815
Relación C/N	34,2	53,9	36,5	48,0	36,5	34,0	54,5	39,6	48,4	34,3
Fibra bruta (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	432	460	489	475	425	461	438	427	474	400
Grasa bruta (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	8	11	7	6	30	12	9	6	8	41
E.L.N. (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	275	329	241	292	277	217	343	310	305	287
Solubles neutro-detergentes (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	236	246	271	257	299	253	236	283	230	307
Hemicelulosa (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	98	168	115	138	119	100	176	111	140	91
Celulosa (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	199	250	225	206	148	140	239	174	222	179
Lignina (g kg ⁻¹ , s.m.s.)	268	190	208	236	245	280	194	251	258	237
<i>Trichoderma</i> spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

R: raspón; R+P: raspón-paja 1:1 (p/p); R+K: raspón-kenaf 1:1 (p/p); R+S: raspón-sarmiento 1:1 (p/p); R+A: raspón-alperujo 1:1 (p/p). PA: pasteurización y acondicionamiento termófilo; PB: inmersión en benomilo y pasteurización.

número de piñas formadas y, a su vez, con la formación de carpóforos de menor tamaño. No se observaron diferencias significativas entre los contenidos en materia seca y cenizas de los carpóforos obtenidos en las diferentes combinaciones, mientras que sí se observó un menor contenido en proteína de las combinaciones más productivas.

En la tabla 4 se recoge, de manera global, el comportamiento de las diferentes combina-

ciones de materiales. El mayor rendimiento lo produjeron las mezclas de raspón con paja y con kenaf, con un mayor grado de fructificación, aunque proporcionaron setas de menor peso unitario y menor contenido en materia seca y proteína. En sentido negativo se comportó el sustrato elaborado a base de raspón solo y, en mayor medida, cuando se combinaba con alperujo, mezcla esta última de producción extremadamente baja.

Tabla 3. Resultados de los parámetros de producción para cada combinación de factores
Table 3. Mean values of production parameters for each combination of factors

Paquete	Precocidad (días)	Eficiencia biológica	Nº piñas/orificio	Peso unitario (g)	Materia seca (g kg ⁻¹)	Proteína (g kg ⁻¹)	Cenizas (g kg ⁻¹)
R/PA/E5	59 ab	11,6 defg	0,15 cde	48 ab	116	223 ab	74
R+P/PA/E5	54 abc	22,8 bcdefg	0,45 abcde	26 ab	129	199 abc	73
R+K/PA/E5	49 abcd	33,8 abcd	0,45 abcde	34 ab	149	203 abc	67
R+S/PA/E5	42 bcde	17,7 cdefg	0,40 bcde	32 ab	150	184 abc	72
R+A/PA/E5	-	0 g	0 e	-	-	-	-
R/PB/E5	44 bcde	3,3 efg	0,15 cde	20 ab	152	201 abc	58
R+P/PB/E5	37 cde	47,3 ab	0,95 ab	17 b	126	140 c	63
R+K/PB/E5	39 cde	57,7 a	1,00 a	17 b	124	153 bc	63
R+S/PB/E5	37 cde	29,6 bcde	0,70 abc	12 b	164	191 abc	72
R+A/PB/E5	-	0 f	0 e	-	-	-	-
R/PA/E15	38 cde	20,1 bcdefg	0,44 abcde	27 ab	121	209 abc	74
R+P/PA/E15	44 bcde	40,5 abc	0,68 abc	23 ab	102	174 bc	66
R+K/PA/E15	41 bcde	41,6 abc	0,68 abc	31 ab	117	193 abc	66
R+S/PA/E15	38 cde	29,8 bcde	0,54 abcde	49 ab	107	217 ab	75
R+A/PA/E15	68 a	3,5 efg	0,08 de	93 a	142	263 a	68
R/PB/E15	38 cde	3,6 efg	0,14 cde	52 ab	121	212 abc	72
R+P/PB/E15	23 e	57,7 a	0,92 ab	22 ab	113	192 abc	67
R+K/PB/E15	32 de	47,3 ab	0,84 ab	23 ab	114	204 abc	64
R+S/PB/E15	33 de	28,5 bcdef	0,62 abcd	16 b	106	197 abc	74
R+A/PB/E15	48 abcde	1,7 fg	0,02 e	26 ab	148	178 abc	60
Media	41	24,9	0,46	29	124	193	69

En la misma columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

R: raspón; R+P: raspón-paja 1:1 (p/p); R+K: raspón-kenaf 1:1 (p/p); R+S: raspón-sarmiento 1:1 (p/p); R+A: raspón-alperujo 1:1 (p/p)

PA: pasteurización y acondicionamiento termófilo; PB: inmersión en benomilo y pasteurización

E5: envasado en sacos de 5 kg; E15: envasado en sacos de 15 kg.

Tabla 4. Resultados de los parámetros de producción para cada tipo de sustrato
Table 4. Mean values of production parameters for each type of substrate

Sustrato	Precocidad (días)	Eficiencia biológica	Nº piñas/orificio	Peso unitario (g)	Materia seca (g kg ⁻¹)	Proteína (g kg ⁻¹)	Cenizas (g kg ⁻¹)
R	44 b	9,6 c	0,22 b	36 ab	128 ab	208 ab	71 ab
R+P	40 b	42,1 a	0,75 a	22 b	118 b	176 b	67 ab
R+K	40 b	45,1 a	0,74 a	26 ab	125 b	188 ab	65 b
R+S	38 b	26,4 b	0,57 a	27 ab	130 ab	199 ab	73 a
R+A	63 a	1,3 c	0,03 b	67 a	157 a	224 a	64 b
Media	45	24,9	0,46	35	131	199	68

En la misma columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)
R: raspón; R+P: raspón-paja 1:1 (p/p); R+K: raspón-kenaf 1:1 (p/p); R+S: raspón-sarmiento 1:1 (p/p); R+A: raspón-alperujo 1:1 (p/p).

En cuanto a los tratamientos aplicados al sustrato (tabla 5), el tratamiento de pasteurización y fungicida se mostró más favorable que el de pasteurización y acondicionamiento, proporcionando un mayor rendimiento e índice de fructificación y un adelanto de la cosecha, aunque los carpóforos cosechados tenían menor tamaño y menor contenido en proteína y cenizas.

En cuanto al formato de envasado (tabla 6), los paquetes conteniendo 15 kg de sus-

trato se comportaron mejor que los de menor tamaño, facilitando una cosecha más temprana y, aunque sin diferencias significativas, una mayor eficiencia biológica y un mayor tamaño de los carpóforos, aunque estos presentaron menor contenido en materia seca.

En vista de los resultados obtenidos, para las combinaciones ensayadas, el raspón se muestra como un ingrediente de interés para la elaboración de sustratos para el

Tabla 5. Resultados de los parámetros de producción para cada tipo de tratamiento
Table 5. Mean values of production parameters for each treatment type

Tratamiento	Precocidad (días)	Eficiencia biológica	Nº piñas/orificio	Peso unitario (g)	Materia seca (g kg ⁻¹)	Proteína (g kg ⁻¹)	Cenizas (g kg ⁻¹)
PA	50 a	22,1 b	0,39 b	42 a	130	208 a	70 a
PB	40 b	27,7 a	0,53 a	29 b	132	190 b	66 b
Media	45	24,9	0,46	35	131	199	68

En la misma columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

PA: pasteurización y acondicionamiento termófilo; PB: inmersión en benomilo y pasteurización.

cultivo de *Pleurotus ostreatus*, abaratando costes de producción. Como recomendaciones se debe considerar su mezcla con paja o kenaf, su tratamiento por inmersión

en una solución de fungicida y posterior pasteurización, y su envasado en "paquetes" de aproximadamente 15 kg de sustrato.

Tabla 6. Resultados de los parámetros de producción para cada formato de envasado
Table 6. Mean values of production parameters for each container size

Formato de envasado	Precocidad (días)	Eficiencia biológica	Nº piñas/orificio	Peso unitario (g)	Materia seca (g kg ⁻¹)	Proteína (g kg ⁻¹)	Cenizas (g kg ⁻¹)
Saco 5 kg	50 a	22,4	0,43	33	144 a	192	67
Saco 15 kg	41 b	27,4	0,50	38	119 b	206	69
Media	45	24,9	0,46	35	131	199	68

En la misma columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido cofinanciado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y FEDER dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (Proyecto REN2002-00666/TECNO).

Referencias bibliográficas

- Ansorena J, 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización, 172 pp. Ed. Mundi-prensa, S.A., Madrid, España.
- Block SS, Tsao G, Han L, 1958. Production of mushroom from sawdust. *J. Agric. Food Chem.*, 6(12): 923-927.
- Block SS, Tsao G, Han L, 1959. Experiments in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Sci.*, 4: 309-325.
- CIES, 2000. Relación de variedades comerciales de micelios de champiñón y setas *Pleurotus*. En: El champiñón en Castilla-La Mancha nº 15. Ed. Centro de Investigación, Experimentación

y Servicios del Champiñón, Quintanar del Rey, Cuenca, España.

- Delmas J, 1989. Les champignons et leur culture, 970 pp. Ed. Flammarion-La Maison Rustique, Paris, France.
- Etter BE, 1929. New media for the developing sporophores of wood-rot fungi. *Mycologia*, 21: 197-203.
- Falck R, 1917. Über die Walkulter des Austernpilzes (*Agaricus ostreatus*) auf Laubholzstubben. *Z Forst-Sagdweh*, 49: 159-165.
- González J, Alvira P, González G, 1987. La cascari-lla de arroz en la alimentación animal. II. Composición químico-bromatológica. *Rev. Agroquím. Technol. Aliment.*, 27(1): 139-149.
- MAPA, 1994. Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III, 532 pp. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- MSC, 1985a. Determinación del índice de materias celulósicas (método de Weende), pp. 346-348. En: Análisis de Alimentos. Métodos oficiales y recomendados por el Centro de Investigación y Control de la Calidad, 1015 pp.

Ed. Ministerio de Sanidad y Consumo, Servicio de Publicaciones, Madrid, España

- MSC, 1985b. Grasa, pp. 354-355. En: Análisis de Alimentos. Métodos oficiales y recomendados por el Centro de Investigación y Control de la Calidad, 1015 pp. Ed. Ministerio de Sanidad y Consumo, Servicio de Publicaciones, Madrid, España.
- Muez MA, 1994. Bases para el cultivo de *Pleurotus*, pp. 129-141. En: I Jornadas Técnicas del Champiñón y Otros Hongos Comestibles en Castilla-La Mancha, 169 pp. Ed. Patronato de Promoción Económica, Diputación Provincial de Cuenca. Cuenca, España.
- Muez MA, Pardo J, 2002. La preparación del sustrato, pp. 157-186. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. J.E. Sánchez, D. Royse (Eds.), 290 pp. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F., México.
- Rinker DL, 2002. Handling and using "spent" mushroom substrate around the world, pp. 43-60. En: *Mushroom Biology and Mushroom Products*. J.E. Sánchez et al. (Eds.), 468 pp. Ed. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.

Sánchez JE, Royse D, 2002. El cultivo de *Pleurotus* spp., pp. 187-203. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. J.E. Sánchez, D. Royse (Eds.), 290 pp. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F., México.

Tecator, 1987. Determination of Kjeldahl nitrogen content with the kjeltec Auto 1030 Analyzer. Tecator Application Note 30/87, Hönagäs, Sweden.

Tello J, Vares F, Lacasa A, 1991. Selección y tratamiento de muestras. Análisis de muestras. Observación microscópica, pp. 29-77. En: Manual de laboratorio. Diagnóstico de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos, 485 pp. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria, Madrid, España.

Zadrazil F, 1978. Cultivation of *Pleurotus*, pp. 521-557. En: *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*, S.T. Chang, W.A. Hayes (Eds.), 819 pp. Ed. Academic Press, New York, NY, USA.

(Aceptado para publicación el 1 de febrero de 2005).