الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الهيئة العامة للتقانة الحيوية

تقنيات إنتاج بذار الفطور المأكولة والطبية في سورية

Edible and Medicinal Mushrooms Spawn Production Techniques in Syria

/12/

الهيئة العامة للتقانة الحيوية

جميع الحقوق محفوظة 2025@

المؤلفون:

د. حجازي مندو

د. فهد البيسكي

م. رفيدة داني

م. ريما ونوس

م. فيصل محمد

المخبرية جمانه الابراهيم

الغلاف والتنسيق:

د. منال الدوس

هاتف: (9) 5138306 -11 -963+

فاكس: 5130104-11-963+

ص ب: 31902 دمشق – سورية

البريد الإلكتروني: info@ncbt.gov.sy

National Commission for Biotechnology

All rights reserved 2025@

Authors:

Dr. Hijazi Mando

Dr. Fahed albiski

M.Sc. Rofida Dani

M.Sc. Rima Wanous

M.Sc. Fayssal Mohammad

Miss Joumana Ibrahem

Cover and formatting:

Dr. Manal Al-Dous

Tel: +963- 11- 5138306 (9)

Fax: +963-11-5130104

P.O. Box: 31902 Damascus, Syria.

E.mail: **info@ncbt**.gov.sy

المحتويات

1. مقدمة:.....6

1.1.أنواع بذار الفطر: 9

2. تقنية بذار الحبوب Grain spawn technique: ١١

2. 1. تحضير الزرعة الأم Mother culture: 12

2. 1.1.اختيار سلالة الفطر الصحيحة:.....12

2. 1. 2. زراعة النسج:.....12

2. 1. 3.التحضين:.....14

2. 1. 4.التخزين: 15

2. 2. تحضير البذار الأم Mother spawn: ١٦

2. 2. 1. تحضير الحبوب ومعالجتها:.....16

2. 2. 2.التعقيم:.....16

2. 2. 3.التلقيح: 17

2. 2. 4.التحضين:.....18

2. 2. 5.التخزين: 19

2. 3. تحضير البذار التجاري Final spawn:.....20

2. 3. 1.اختيار الحبوب:.....20

2. 3. 2. تحضير الحبوب ومعالجتها:.....20

2. 3. 3.التعقيم:.....21

2. 3. 4.التلقيح: 21

2. 3. 5.التحضين:.....22

2. 3. 6. نقل البذار إلى أكياس خاصة بالتسويق: 23

2. 3. 7.التخزين: 27

2. 4.العوامل المؤثرة على جودة البذار: 28

2. 5. مواصفات البذار الجيد: 28
2. 6. تطبيقات بذار الحبوب في زراعة الفطر: 29
2. 7.الخلاصة: 29
3. تقنية البذار السائل Liquid spawn technique: 30
3. 1. تحضير وسط الزرع السائل: 30
3. 2.التعقيم: 32
3. 3.التلقيح: 33
3. 4.التحضين: 34
3. 4. 1.التحضين مع التحريك: 34
3. 5.الفحص والتخزين: 36
3. 6.انتاج البذار السائل ضمن محاقن طبية معقمة: 36
3. 7. مزايا اللقاح السائل: 38
3. 8.التحديات: 38
3. 9. العوامل المؤثرة على النجاح: 38
3. 10. التطبيقات: 38
3. 10. 1. تلقيح أوساط الزرع: 38
3. 10. 2. تلقيح وسط الزرع النهائي بأكياس الجاهزة للإثمار: 39
3. 11. المزايا مقارنةً ببذار الحبوب: 41
3. 12. الخلاصة: 41
4. تقنية بذار الأسافين الخشبية Plug spawn technique: 41
4. 1.اختيار السلالة الفطرية: 41
4. 2. تحضير الأسافين الخشبية: 41
4. 3.التعقيم: 42
4. 4.التلقيح: 42
4. 5.التحضين: 42
4. 6.التخزين: 43

4. 7.العوامل المؤثرة على الجودة: 44
4. 8.التطبيقات: 44
4. 9.الخلاصة: 45
5. تقنية بذار نشارة الخشب Sawdust spawn technique: 45
5. 1. تحضير وسط نشارة الخشب: 45
5. 2.التعقيم: 46
5. 3.التلقيح: 47
5. 4.التحضين: 47
5. 5.التخزين: 48
5. 6.التطبيقات: 48
5. 7. الخلاصة: 48
6.المراجع: 50

1. مقدمة Introduction:

الفطور المزروعة هي مجموعة من الفطور الراقية وتنتمي معظمها للفطور الدعامية أو الزقية، وقد سُجل أكثر من 2000 نوع من الفطور المأكولة في العالم، وتم زراعة عدد منها على نطاق تجاري (Maria *et. al.*, 2000). تمتاز الفطور المأكولة بمحتواها العالي من البروتين ومحتواها المنخفض من الدسم، كما تحتوي على الأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات والمعادن الضرورية لجسم الإنسان، حيث تحوي الفطور المجففة بالهواء على دسم خام بنسبة 2.63%، وبروتين خام بنسبة 24.69%، ورماد بنسبة 9.43%، وسكر مرجع بنسبة 0.5%، وأحماض أمينية كلية بنسبة 17.6%، والتي تحوي ٧ أحماض أمينية هي: إيوليوسين وليوسين وفينيل ألانين ولايسين وثريونين وفينيل ومثيونين، و ١٠ أنواع من الأحماض الأمينية غير الأساسية. كما تحوي فيتامينات: B1، وB2، وC، وE، ومعادن: البوتاسيوم والفوسفور والصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم وآثار من الزنك والحديد والنحاس والمنغنيز (Sanchita, 2008)، وقد زُرعت الكثير من الفطور المأكولة ذات النكهة العالية، والفطور المأكولة الغذائية، والفطور الطبية (الشكل 1، 2، 3).

الشكل (1): بعض فطور النكهة العالية المزروعة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

يمين: فطر الكستناء، يسار: فطر شيتاكي

الشكل (2): بعض الفطور المأكولة المغذية المزروعة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

يمين: الفطر المحاري الربيعي، يسار: الفطر المحاري الصيفي

يمين: الفطر المحاري الشتوي، وسط: فطر ملك المحاري، يسار: فطر اليحيون الأبيض

يمين: الفطر المحاري الذهبي، يسار: الفطر المحاري الوردي

الشكل (3): بعض الفطور الطبية المزروعة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

يمين: فطر رايشي، يسار: فطر لبدة الأسد

إن بذار الفطور المزروعة Mushroom spawn هي عبارة عن مشيجة الفطر مُحملة ومُكاثرة على حبوب عدد من أنواع المحاصيل النجيلية، حيث تمثل هذه الحبوب مادة حاملة ومغذية للمشيجة، وتكون جاهزة للزرع في وسط الزرع النهائي substrate المحضر لنمو الفطر وإثماره، وتعمل هذه المشيجة كملقح، حيث تنشر خيوطها في جميع أنحاء وسط زرع الفطر، وتنمو عليه وصولاً للإثمار. تؤثر جودة بذار الفطر بشكل مباشر على سرعة انتشار المشيجة، وكمية المحصول، وجودة محصول الفطر النهائي، حيث يُعد البذار المفتاح الأساسي في زراعة الفطور وعدم توفر البذار عالي الجودة هو العائق الأساسي في عملية إنتاج الفطور المزروعة، وبكلمات أخرى فإن إنتاج بذار الفطور mushroom spawn هو عملية حيوية تُستخدم لإكثار مشيجة الفطر بتحميلها على وسط زرع معقم، تمهيداً لاستخدامها في زراعة الفطور، وتعتمد هذه العملية على دقة التحكم في العوامل البيئية والتقنية لضمان جودة البذار ومنع التلوث (Paswal and Kakraliya, 2022; IHT, 2025).

وفي عملية إنتاج بذار الفطور المزروعة تُلقح حبوب المحاصيل النجيلية المعقمة بالبخار بمشيجة الفطر النامية على زرعة في طبق بتري على وسط زرع مناسب، وعندما يكتمل نمو المشيجة على كامل

وسط الحبوب يُسمى هذا الخليط بذار الفطر أو mushroom spawn والذي يُستخدم لتلقيح وسط زراعة الفطور cultivation substrate كالدبال compost والتبن hay ونشارة الخشب sawdust وغيرها (Penn state, 2025).

وعلى خلاف ما هو شائع فإن بذار الفطور غالباً لا تحوي أبواغ الفطر، ومن هنا أتى مصطلح بذار الفطور وليس بذور الفطور شأنها شأن العديد من الوحدات التكاثرية للنباتات من غير البذور الحقيقية الناتجة عن الثمار، كدرنات البطاطا وفصوص الثوم والأبصال وغيرها، ففي حين أن البذور تنتج من الثمار فإن مصطلح بذار يشمل كل الوحدات التكاثرية التي تستخدم على نطاق تجاري غير البذور.

يعتمد إنتاج بذار الفطور بشكل أساسي على سهولة توافر المواد الأولية وتدني كلفتها (حبوب المحاصيل النجيلية)، وتوفر مصدراً جيداً للإمداد بالأجسام الثمرية للفطور، ومخابر مجهزة لتأمين الشروط المعقمة، ومهارات فنية خاصة لإنتاج بذار عالي الجودة بتكاليف مقبولة من الناحية الاقتصادية (Paswal and Kakraliya, 2022).

1.1. أنواع بذار الفطر:

يتوفر بذار الفطر بأشكال مختلفة، كل منها مناسب لطريقة زراعة مختلفة:

1- بذار الحبوب Grain spawn: وهو النوع الأكثر شيوعاً، مُحضر من حبوب أحد المحاصيل النجيلية بشكل أساسي مثل: الدخن أو القمح أو الشيلم أو الشوفان أو الأرز غير المقشور أو الشعير أو الذرة البيضاء أو الذرة الصفراء، وهي متعددة الاستخدامات وتوفر محتوى غذائياً عالياً للمشيجة (Yabrak *et al.*, 2009).

2- البذار السائل Liquid spawn: وهو عبارة عن مشيجة أو أبواغ مُعلقة في وسط سائل، يُستخدم غالباً للإنتاج واسع النطاق أو التجاري (IHT, 2025).

3- بذار الأسافين Plug spawn: وهو عبارة عن أسافين خشبية مُلقحة بمشيجة الفطر، تُستخدم بشكل أساسي للزراعة الخارجية للفطور على جذوع الأشجار مثل الزراعة التقليدية لفطر الشيتاكي.

4- بذار نشارة الخشب Sawdust spawn: وهو عبارة عن نشارة خشب ملقحة بمشيجة الفطر، تُستخدم لزراعة الفطور المحللة للخشب مثل فطر الشيتاكي، وهي مثالية للزراعة على جذوع الأشجار.

وقد بدأ انتاج بذار الفطور المأكولة في سورية في مركز البحوث العلمية الزراعية في حلب عام ٢٠٠٤ على يد فريق عمل وطني من الباحثين الشباب، وقد تكللت جهودهم بنقل تقنية إنتاج بذار الفطور على الحبوب إلى المركز المذكور، حيث قام السيد وزير الزراعة والإصلاح الزراعي الدكتور عادل سفر وقتها بتكريم فريق العمل بتاريخ 25/ 5/ 2005، كما قام بافتتاح معرض متخصص وشامل لجميع مراحل إنتاج فطر اليحيون من البذار إلى الزراعة والقطاف والتعليب بتاريخ 27/ 9/ 2006 لدى مركز البحوث العلمية الزراعية في حلب، ووجه بنقل هذه التقنية إلى المؤسسة العامة لإكثار البذار في حلب، حيث بدأ التعاون بين مركز البحوث العلمية الزراعية في حلب والمؤسسة العامة لإكثار البذار لعدة أعوام لتأسيس المشروع الوطني لإنتاج بذار الفطر الزراعي لدى المؤسسة –حلب–سورية، فبدأ الإنتاج التجاري لبذار فطر اليحيون *Agaricus bisporus* والفطر المحاري *Pleurotus ostereatus* في عام 2008، وتطور الإنتاج ليبلغ الإنتاج التجاري بدءاً من عام 2009 (Yabrak *et al.*, 2009)، ثم عمل فريق من الخبراء والباحثين والمهندسيين والمخبريين والعاملين لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية، بدءاً من عام 2013، ولمدة سنوات على تطوير تقنيات إنتاج بذار الفطور المأكولة والطبية في سورية ونقل هذه التقنيات المتقدمة إليها (الشكل 4).

الشكل (4)

فريق العمل لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

2. تقنية بذار الحبوب Grain spawn technique:

إن إنتاج بذار الفطور على الحبوب Grain spawn هو الأسلوب الأكثر شيوعاً لإكثار مشيجة الفطر على حبوب المحاصيل النجيلية مثل: القمح أو الذرة البيضاء أو الدخن أو الشيلم أو الأرز غير المقشور، حيث توفر الحبوب مصدراً غنيّاً بالعناصر الغذائية ومساحة سطحية كبيرة لنمو المشيجة. ويُستخدم هذا البذار لاحقاً كلقاح لزراعة الفطر في وسط الزرع النهائي مثل الدُبال compost (Stamets, 2000; Yabrak *et al.*, 2009).

تبدأ عملية إكثار بذار الفطور باختيار سلالة فطر عالية الجودة، والتي غالباً ما تُنمى إما من الأبواغ الجنسية للفطر أو من زرع الأنسجة الجسمية الخضرية له. تُزرع هذه السلالة في وسط غني بالمغذيات، مثل وسط بطاطا دكستروز آجار (PDA) لإنتاج "الزرعة الأم Mother culture"، والتي تُشكل مصدراً لمزيد من إكثار المشيجة. تتضمن الخطوة التالية تحضير وسط الزرع، والذي عادةً ما يكون حبوباً مثل: حبوب القمح أو الشيلم أو الشوفان أو الدخن أو الذرة البيضاء، أو مواد حاملة مثل نشارة الخشب، وذلك حسب نوع الفطر، حيث يُعقم هذا الوسط لإزالة الملوثات ويُبرد قبل التلقيح. ثم تُضاف الزرعة الأم إلى وسط الزرع تحت شروط التعقيم، مما يسمح للمشيجة بالنمو عليه واستعماره. ثم يُحضن وسط الزرع المُلقح في ظروف مُتحكم فيها من درجة حرارة ورطوبة، لبضعة أسابيع، فتنتشر المشيجة في جميع أجزاء وسط الزرع، مما ينتج عنه بذار مكتمل النمو وجاهز للاستخدام في زراعة الفطر. يُعد الحفاظ على التعقيم طوال هذه العملية أمراً بالغ الأهمية لضمان بذار عالي الجودة وخالٍ من الملوثات (IHT, 2025).

تشمل عملية إنتاج بذار الحبوب للفطور المأكولة المراحل الأساسية التالية:

1- تحضير الزرعة الأم النقية.

2- تحضير البذار الأم عالي النقاوة.

3- تحضير البذار التجاري (Paswal and Kakraliya, 2022).

2. 1. تحضير الزرعة الأم Mother culture:

2. 1. 1. اختيار سلالة الفطر الصحيحة:

تبدأ عملية إنتاج البذار الصحيحة باختيار السلالة الفطرية الجيدة، حيث يجب اختيار سلالات فطرية عالية الإنتاجية ومناسبة للظروف المحلية، مثل فطر اليحيون الأبيض *Agaricus bisporus* أو الفطر المحاري *Pleurotus* spp. (خالد، ٢٠١٥).

2. 1. 2. زراعة النسج:

يمكن الحصول على الزرعة الأم النقية للفطور المزروعة إما من زرع النُسج الجسمية (الخضرية) لهذه الفطور أو من زرع الأبواغ الجنسية لها، على الرغم من أن الأجسام الثمرية للفطور الكبيرة تكون حاملة للأبواغ، إلا أنه نادراً ما تكون جميع هذه الأبواغ قوية، وتُظهر الزرعات النقية النامية منها اختلافات وراثية وتباين وراثي كبير فيما بينها ومع السلالة الأم. أما في زراعة النُسج فنحصل على زرعات نقية قوية وأكثر تماثلاً وراثياً، ومماثلة وراثياً للسلالة الأم، حيث تُجمع إثمارات فطر ناضجة جيداً (عادةً من القطفة الأولى) و يُعقم سطحياً باستخدام محلول معقم مثل محلول هيبوكلوريت الصوديوم 0.5% لمدة 2–5 دقائق (Yabrak *et al.*, 2009) (الشكل 5)، ثم يجفف على ورق نشاف معقم ويُقسم الجسم الثمري إلى نصفين بشكل طولي، وتُؤخذ خزعة صغيرة من نسيج اللحم الداخلي عند منطقة التقاء الساق بالقبعة بطريقة معقمة وباستخدام ملقط أو مشرط طبي مُعقم (الشكل 6)، وتُوضع في طبق بتري فوق وسط بطاطا دكستروز آجار (PDA) أو وسط مستخلص الشعير آجار (MEA) (الشكل 7).

الشكل (5): اختيار جسم ثمري مناسب وتعقيمه سطحياً

يمين: جسم ثمري صغير بمواصفات ممتازة، يسار التعقيم السطحي للجسم الثمري بمحلول معقم.

الشكل (6): تجفيف الجسم الثمري وقطعه وأخذ خزعة من نسيج اللحم

يمين: تجفيف الجسم الثمري على ورق نشاف معقم، يسار: قطع الجسم الثمري طولياً وأخذ خزعة من المنطقة الواصلة بين الساق والقبعة.

الشكل (7): نقل خزعة النسيج إلى طبق يحوي وسط زرع مناسب

يمين: وضع الخزعة على وسط زرع مغذي في طبق بتري، يسار: اغلاق الطبق وكتابة المعلومات عليه.

2. 1. 3. التحضين:

تُحضن هذه الأطباق عند درجة حرارة 25 ± 2 درجة مئوية (الشكل 8)، وبعد أسبوع يبدأ نمو المشيجة الفطرية من خزعة النسيج، والتي تغطي سطح وسط الزرع بالكامل خلال أيام، لنحصل بذلك على الزرعة النقية من الجسم الثمري والتي تُدعى الزرعة الأم mother culture (الشكل 9) (Paswal and Kakraliya, 2022).

الشكل (8): تحضين أطباق الزرعة الأم

تحضين أطباق الزرعات الأم في الحضانة

الشكل (9): زرعات أم نقية ومكتملة النمو

يمين، لفطر رايشي، يسار: لفطر لبدة الأسد

زرعة أم نقية، يمين: للفطر شيتاكي، يسار: للفطر المحاري الصيفي.

2. 1. 4. التخزين:

تُحفظ الزرعات الأم في البراد عند 2–4° س لإبطاء نمو المشيجة حتى نقلها إلى أوسط الزرع أخرى مختلفة (الشكل 10) (FAO, 2018).

الشكل (10): تخزين أطباق الزرعات الأم في البراد عند الدرجة 2 – 4 س°

حفظ الزراعات الأم للفطور المزروعة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

2. 2. تحضير البذار الأم Mother spawn:

2. 2. 1. تحضير الحبوب ومعالجتها:

تُفضل الحبوب الكاملة ذات المحتوى العالي من النشاء، مثل حبوب القمح أو الذرة البيضاء أو الدخن، لكونها تدعم نمو المشيجة بكفاءة عالية (خالد، 2015). تُحضّر الحبوب بالغربلة والتنظيف والغسيل والنقع والطبخ لمدة حوالي ثلاثين دقيقة. ثم يُصفى الماء الزائد، ويُخلط 20 غرام من كربونات الكالسيوم المخبرية ($CaCO_3$) لكل 1 كيلوغرام من الوزن الرطب للحبوب (الشكل 11). حيث تُغلّف الحبوب بكربونات الكالسيوم لرفع الرقم الهيدروجيني pH إلى فوق الدرجة ٧ بقليل، مما يُسرّع نموّ المشيجة. أحياناً يكون سبب بطء نموّ المشيجة هو استخدام كربونات الكالسيوم التجارية منخفضة الجودة (Paswal and Kakraliya, 2022). تُعبأ الحبوب بعد تجهيزها إما بأكياس حرارية أو مطربانات زجاجية مناسبة، والمطربات الزجاجية أنسب لمرحلة البذار الأم، حيث تملأ نصفها ويترك حيز من الهواء ضمن العبوة، وتسد العبوة بالقطن الطبي أو بفلتر مناسب يسمح بتبادل الغازات والتنفس (Paswal and Kakraliya, 2022).

2. 2. 2. التعقيم:

تُعقم العبوات في الأتوكلاف عند درجة حرارة 121 س وضغط 15 رطل/ الإنش^2 لمدة 1–2 ساعة حسب حجم العبوات (الشكل 11) (Paswal and Kakraliya, 2022).

الشكل (11): تحضير ومعالجة وتعبئة حبوب القمح

يمين: برميل سلق وتصفية الحبوب، وسط ويسار: تجفيف وخلط الحبوب المسلوقة بالمواد الكيميائية.

يمين: خلط الحبوب، وسط: تعبئة الحبوب بالمطربانات الزجاجية، يسار: وزن المطربانات.

يمين: تغطية المطربانات بفلتر خاص للتنفس، وسط ويسار: وضع وتعقيم المطربانات بالأتوكلاف

2. 2. 3. التلقيح:

يُحضر البذار الأم mother spawn بإضافة قطع من زرعة أُم نقية pure mother culture من أطباق الآجار إلى عبوات وسط الحبوب المعقمة تحت شروط التعقيم، لتجنب التلوث (الشكل 12) (خالد، 2015; FAO, 2018; Paswal and Kakraliya, 2022).

الشكل (12): تلقيح مطربانات البذار الأم

تلقيح مطربانات الحبوب بقطع من أطباق زرعة أم نقية وفتية

2. 2. 4. التحضين:

تُحضن مطربانات الحبوب الملقحة في غرف نمو مظلمة، عند درجة حرارة 24–28° س، ورطوبة نسبية 70–80%، لمدة 10–20 يوماً حتى تُغَطَّى الحبوب بالمشيجة بالكامل (الشكل 13) (Smith *et al.*, 2020).

الشكل (13): تحضين مطربانات البذار الأم

يمين: تحضين البذار الأم، يسار: بذار أم مكتمل النمو.

يمين: بذار أم مكتمل النمو للفطر المحاري الشتوي، يسار: بذار أم مكتمل النمو للفطر الطبي رايشي

2. 2. 5. التخزين:

يُحفظ البذار الأم في البراد عند 2–4° س لإبطاء نمو المشيجة حتى نقلها إلى وسط الزرع النهائي (الشكل 14) (FAO, 2018).

الشكل (14): حفظ البذار الأم

مطربانات الزرعات الأم لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

2. 3. تحضير البذار التجاري Final spawn:

2. 3. 1. اختيار الحبوب:

تُستخدم حبوب القمح أو الذرة البيضاء عادةً كوسط زرع لإنتاج بذار الفطور المزروعة (Stamets, 2000). كما يُستخدم كذلك الدُخن والشيلم والأرز غير المقشور وغيرها من الحبوب، وهي من أفضل أنواع الحبوب لإنتاج بذار الفطور المزروعة. هناك أفضلية لاستخدام كل نوع من الحبوب النجيلية حسب نوع الفطر المراد إكثار بذاره، وعلى سبيل المثال فإن القمح هو أفضل وسط لإكثار بذار فطر اليحيون الأبيض (Paswal and Kakraliya, 2022). كما يمكن إنتاج بذار الفطور على عدة أنواع أخرى من الحبوب مثل الشعير والذرة الصفراء والشوفان والشيلم، والعامل الأساسي في اختيار نوع الحبوب هو ما يفضله نوع الفطر من حبوب لنموه، ووفرة هذه الحبوب وكلفتها في بلد الإنتاج (Yabrak *et al.*, 2009).

2. 3. 2. تحضير الحبوب ومعالجتها:

تُنقع الحبوب في الماء لمدة 12–24 ساعة لزيادة رطوبتها، ثم تُسلق جزئيّاً لمدة 20–30 دقيقة لتليينها ورفع نسبة رطوبتها وتقليل محتواها من الملوثات الطبيعية (Smith *et al.*, 2020). يستبعد ماء السلق وتُجفف الحبوب حتى تصبح رطبتها 45–55% (FAO, 2018).

تُحضر الحبوب للبذار التجاري بنفس طريقة تحضير الحبوب للبذار الأم المذكورة سابقاً، وتُعبأ إما بمطربانات زجاجية مناسبة كمرحلة وسيطة ثم تُنقل إلى أكياس مناسبة للتسويق، أو تُعبأ بأكياس مناسبة للتسويق تتحمل التعقيم الحراري بالأتوكلاف، كمرحلة واحدة حيث تُعقم الحبوب وتُلقح وتُحضن وتُخزن وتُسوق بنفس الكيس، وتُعتبر الأكياس أنسب لمرحلة البذار التجاري، تُستخدم عبوات البذار الأم mother spawn لتلقيح البذار التجاري final spawn الذي يستخدمه المزارعون في تلقيح وسط زرع الفطر النهائي substrate (Paswal and Kakraliya, 2022).

2. 3. 3. التعقيم:

تُعبأ الحبوب في أكياس تتحمل الحرارة العالية أو في مرطبانات زجاجية وتُعقم بالبخار (بالأوتوكلاف) عند 121°س لمدة 90–120 دقيقة لضمان خلوها من الميكروبات المنافسة (Stamets, 2000).

2. 3. 4. التلقيح:

تُضاف كمية من بذار أم عالي النقاوة بنسبة حوالي 1: 10 حجم/حجم إلى الحبوب المعقمة تحت شروط التعقيم، لتجنب التلوث (الشكل 15) (خالد، 2015 ;FAO, 2018).

الشكل (15): تلقيح البذار النهائي

تلقيح البذار النهائي من البذار الأم في حجرة العزل الجرثومي.

2. 3. 5. التحضين:

تُحضن مطربانات الحبوب الملقحة في غرف نمو مظلمة، عند درجة حرارة 24–28° س، ورطوبة نسبية 70–80%، حيث تهز المطربانات مرة واحدة على الأقل أثناء فترة التحضين لتوزيع المشيجة على كامل وسط الحبوب لتسريع النمو، تستمر فترة التحضين لمدة 10–20 يوماً، حتى تُغَطَّى الحبوب بالمشيجة بالكامل (الشكل 16) (Smith *et al.*, 2020).

الشكل (16): تحضين البذار النهائي في المطربانات

يمين: تحضين المطربانات، يسار: اكتمال نمو المشيجة على وسط الحبوب في المطربانات.

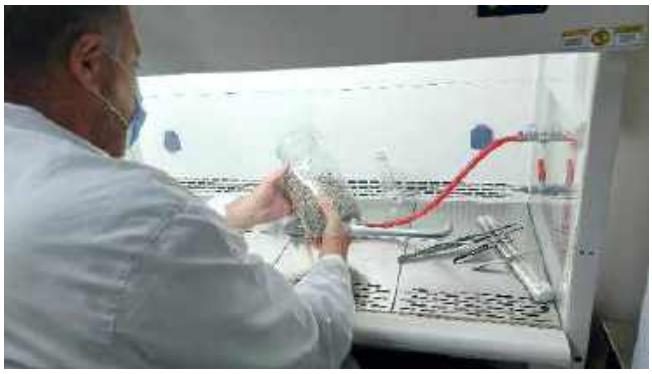
2. 3. 6. نقل البذار إلى أكياس خاصة بالتسويق:

بعد أن يكتمل نمو المشيجة على كامل وسط الحبوب يُنقل البذار من المطربانات الزجاجية إلى أكياس مناسبة للتسويق، ويشترط في هذه الأكياس أن تحوي على فلاتر مناسبة لتأمين عملية التنفس وتبادل الغازات مع الوسط المحيط، ويكون لهذه الأكياس عدة قياسات وللفلاتر عدة أنواع وأشكال (الشكل 17)، ويجب أن تكون هذه الأكياس معقمة مسبقاً، حيث يُنقل البذار إليها تحت شروط التعقيم ضمن حجرة العزل الجرثومي (الشكل 18)، وبعد نقل البذار إلى الأكياس، تُحضن هذه الأكياس من جديد في نفس ظروف التحضين السابقة (الشكل 19)، حتى اكتمال نمو المشيجة وتماسكها على كامل وسط الحبوب، ثم تُنقل الأكياس الجاهزة إلى التخزين. يُكتب على كل عبوة بذار: نوع الفطر والسلالة، وتاريخ الإنتاج، وتُخزن تحت التبريد لحين الاستخدام (الشكل 20) (Paswal and Kakraliya, 2022).

الشكل (17) الأكياس الخاصة بتسويق بذار الفطور

أكياس خاصة لتسويق بذار الفطور المزروعة مزودة بفلاتر، يمين: فلتر على شكل رقعة، يسار: فلتر على شكل شرائط.

الشكل (18): نقل البذار النهائي إلى أكياس التسويق



الشكل (19): تحضين واكتمال نمو البذار النهائي في الأكياس

تحضين البذار النهائي في الأكياس الخاصة بالتسويق

الشكل (20): أكياس بذار الفطور الجاهزة

يمين: بذار تجاري لفطر لبدة الأسد، يسار: بذار تجاري للفطر المحاري الصيفي من إنتاج الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

بذار تجاري لفطر ملك المحاري بأكياس خاصة مجهزة بفلاتر للتنفس بحجم ٣ لتر من إنتاج الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

بذار تجاري للفطر المحاري بأكياس خاصة مجهزة بفلاتر للتنفس بحجم ١ لتر من إنتاج الهيئة العامة للتقانة الحيوية

بذار تجاري للفطر الأبيض بأكياس خاصة مجهزة بفلاتر على شكل شرائط، يمين: بذار انتاج الشركة البلجيكية Mycelia، يسار: بذار من انتاج المؤسسة العامة لإكثار البذار عام ٢٠٠٩.

بذار تجاري للفطر الأبيض بأكياس مجهزة بفلاتر على شكل رقع، يمين: بذار من انتاج شركة Sylvan الفرنسية، وسط ويسار: بذار من إنتاج شركة Italspawn الإيطالية.

2. 3. 7. التخزين:

يُحفظ البذار النهائي في البراد عند 2–4° س لإبطاء نمو المشيجة حتى نقلها إلى وسط الزرع النهائي (الشكل 21) (FAO, 2018).

الشكل (21): تخزين البذار التجاري في البراد عند حرارة 2 – 4 °س

تخزين بذار الفطر لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

2. 4. العوامل المؤثرة على جودة البذار:

التعقيم: أي فشل في تعقيم وسط الزرع يؤدي إلى تلوث بكتيري أو فطري ويدمر الإنتاج بالكامل (Stamets, 2000).

التهوية: نقص الأكسجين أثناء التحضين يُضعف نمو المشيجة (FAO, 2018).

الظروف البيئية: اختلاف درجة الحرارة أو الرطوبة قد يُعيق النمو أو يُحفز التلوث (خالد، 2015).

نسبة الرطوبة في الحبوب: الرطوبة الزائدة قد تسبب تعفناً، بينما تبطئ الرطوبة المنخفضة نمو المشيجة (خالد، 2015).

نوع الحبوب: الحبوب الكبيرة مثل الذرة الصفراء قد تُبطئ انتشار المشيجة مقارنةً بالحبوب الأصغر مثل القمح (Smith *et al.*, 2020).

2. 5. مواصفات البذار الجيد:

يجب الحصول دائماً على بذار الفطر من مصادر موثوقة ومرخصة، فهي المدخل الرئيس لنجاح إنتاج الفطر، فعند عدم استخدامك بذار عالي الجودة في الزراعة فإنك تهدر الوقت والجهد والمال. عند

الحصول على بذار الفطر، يجب مراعاة الانتباه إلى بعض الأمور مثل نوع الفطر، وتاريخ التلقيح. ويكون البذار الجيد أبيض اللون عموماً (إلا في بعض أنواع الفطور التي يكون لون المشيجة غير اللون الأبيض بطبيعته، وردي مثلاً في الفطر المحاري الوردي وفطر دجاجة الغابة)، مع وجود نمو كثيف للمشيجة، وأن يكون البذار خالي من أي بقع أو عيوب، وأن تكون رائحة المشيجة رائحة فطر لطيفة (Paswal and Kakraliya, 2022).

2. 6. تطبيقات بذار الحبوب في زراعة الفطر:

يُعدّ البذار نقطة البداية لجميع أنظمة زراعة الفطر، سواءً لزراعة الفطور المأكولة أو لزراعة الفطور الطبية أو للتطبيقات الصناعية لزرع المشيجة. بمجرد أن يصبح البذار جاهزاً، يُستخدم لتلقيح وسط الزرع كالقش straw أو الدبال compost أو نشارة الخشب saw dust. حيث يضمن البذار عالي الجودة، سواءً للمزارعين الصغار أو للمزارعين الكبار، استعماراً أسرع لوسط الزرع، وتقليل مخاطر التلوث، وزيادة إنتاجية الفطر (IHT, 2025).

2. 7. الخلاصة:

يُعدّ إنتاج بذار الفطور علماً وفناً في آنٍ واحد، ويتطلب الدقة والمعرفة والابتكار. وهو يُشكّل العمود الفقري لزراعة الفطور، مما يضمن للمزارعين تحقيق إنتاجية عالية من الفطر الصحي ذي النكهة المميزة. ومع استمرار ارتفاع الطلب العالمي على الفطور، سيلعب التطور في تقنيات إنتاج البذار دوراً محورياً في تلبية احتياجات المزارعين والقطاعات الصناعية والمستهلكين على حدٍ سواء (IHT, 2025).

يُعتبر إنتاج بذار الفطر على الحبوب حجر الأساس لزراعة الفطور التجارية بسبب كفاءته وسهولة استخدامه، وهو النوع الأكثر شيوعاً من بين أنواع بذار الفطور في العالم. ومع ذلك، يتطلب الأمر دقة في التعقيم ومراقبة الظروف البيئية. وتُشير الدراسات إلى أن تحسين جودة الحبوب وتوقيت التلقيح يمكن أن يرفعان إنتاجية البذار بنسبة تصل إلى ٣٠% (Smith *et al.*, 2020). وتتطلب عملية إنتاج بذار الفطور الدقة والخبرة التقنية العالية والمراقبة المستمرة. وتطوير بروتوكولات محلية مُعتمدة على البحوث العلمية يمكن أن تُعزز كفاءة الإنتاج، خاصة في المناطق النامية (FAO, 2018).

3. تقنية البذار السائل Liquid spawn technique:

بذار الفطر السائل Liquid spawn أو اللقاح السائل Mushroom Liquid Inoculation هي تقنية تُستخدم لتنمية مشيجة الفطر في وسط سائل مغذٍ بدلاً من أوساط الزرع الصلبة التقليدية (الحبوب أو الأسافين أو نشارة الخشب)، مما يسمح بنمو أسرع وتوزيع أكثر تجانساً للكتلة الحية لمشائج الفطر. تُستخدم هذه الطريقة بشكل شائع في المختبرات ولتوسيع نطاق الإنتاج قبل نقل المشيجة إلى وسط زرع صلب (حبوب أو سافين أو نشارة) (Stamets, 2000). وتُدعى أيضاً الزرعة السائلة Liquid Culture، يُعد البذار السائل تقنية تُستخدم لإكثار مشيجة الفطر في وسط زرع سائل غني بالمواد المغذية، وتستخدم لتلقيح أوساط الزرع الصلبة، مما يُسرع عملية استعمار هذه الأوساط مثل: الحبوب أو نشارة الخشب (Smith *et al.*, 2019). وهي إحدى الطرق الفعّالة لنشر مشيجة الفطر في وسط الزرع، حيث يُستخدم وسط زرع سائل يحتوي على المغذيات وأبواغ الفطر أو أجزاء من مشيجته. وتتميز هذه الطريقة بسرعتها وكفاءتها مقارنةً بالطرق التقليدية مثل استخدام بذار الحبوب (Stamets, 2005).

3. 1. تحضير وسط الزرع السائل:

يُحضّر بخلط مصدر كربوهيدرات أو سكر مثل دبس السكر بنسبة 4%، أو مستخلص المالت بنسبة 4% أو الجلوكوز 2% وزن/حجم كمصدر للطاقة (Smith *et al.*, 2019; Smith *et al.*, 2020; Smith, 2020)، مع مصدر للآزوت مثل البيتون أو مستخلص الخميرة بنسبة 0.5 – 1% لدعم تصنيع البروتين، تُحل هذه المكونات في ماء مقطر، مع ضبط درجة الحموضة (pH) لتناسب نمو الفطر، وتُضاف أحياناً أملاح معدنية لتحفيز النمو (Jones and Lee, 2021; Smith, 2020; Smith *et al.*, 2020). تُخلط المكونات وتُذاب في الماء المُقطر باستخدام قارورة نظيفة (الشكل 22).

الشكل (22):

تحضير وسط الزرع السائل

لقد استُخدم في مخبر التقانات الحيوية النباتية في الهيئة العامة للتقانة الحيوية الأوساط المذكورة سابقاً، بالإضافة إلى وسط تشابك السائل بعد تعديله من قبل فريق العمل modified czapek medium حيث حُضّر وسط تشابك العادي على الشكل التالي (الشكل 23):

الشكل (23):

Czapek's Medium

$NaNO_3$	2.0 g	❑Heat the full chemical solution without K_2HPO_4 & sucrose in a water-bath for 15 min. add sucrose after heating ❑Dissolve and autoclave K_2HPO_4 separately ❑Mix both the solution just before autoclaving
K_2HPO_4	1.0 g	
$MgSO_4.7H_2O$	0.5 g	
KCl	0.5 g	
$FeSO_4.7H_2O$	0.01 g	
Sucrose	30 g	
Distt. water	Makeup 1 lit	

مكونات وسط تشابك السائل القياسي (Clesceri *et. al.*, 1998).

عُدل هذا الوسط بإضافة ٥ غ من مستخلص المالت، وضُبط رقم الحموضة عند الدرجة pH = 7.3، ثم أُضيفت كرات زجاجية لكل دورق لتقطيع وتوزيع المشيجة (الشكل 24)، وعُقم الوسط في الأتوكلاف عند الدرجة 121 °س لمدة 20 دقيقة، و بُرِّدَ الوسط في حجرة العزل الجرثومي. أُضيف المضاد الحيوي جنتاميسين بمعدل 32 مغ/ل بعد التعقيم والتبريد، ثم لُقّحَ الوسط بقطع من مشيجة زرعة أم نقية على طبق آجار لسلالات الفطر المحاري الشتوي أو الربيعي أو لفطر لبدة الأسد، وحُضّنَ في الحضانة مع جهاز الهزاز عند حرارة 24 س و150 دورة/الدقيقة لمدة أسبوعين (الشكل 27)، حيث كانت كثافة نمو المشيجة جيدة، ثم نُقِلَت الزرعات السائلة مكتملة النمو إلى البراد لحفظها عند درجة حرارة 2–4 °س (الهيئة العامة للتقانة الحيوية، معلومات غير منشورة).

الشكل (24):

إضافة كرات زجاجية لعبوات الوسط السائل

3. 2. التعقيم:

يُعبأ الوسط في قوارير زجاجية مع سدادات قطنية أو أغطية تسمح بالتنفس، ثم يُعقم بالبخار (في الأوتوكلاف) عند 121°س لمدة 15 – 30 دقيقة وضغط 15 باوند/بوصة²، لقتل الكائنات الدقيقة الملوثة

(خالد، 2015 ;Chang and Miles, 2004; Stamets, 2000). ثم يُبرد الوسط تحت شروط معقمة قبل التلقيح (الشكل 25).

الشكل (25): تعقيم وتبريد وتلقيح وسط الزرع السائل

تعقيم وسط الزرع السائل في الأتوكلاف

تبريد وتلقيح وسط الزرع السائل في حجرة العزل بعد التعقيم.

3. 3. التلقيح:

تُضاف قطع صغيرة من مشيجة زرعة أُم نقية (من أطباق آجار) أو من معلق بذار سائل سابق أو من أبواغ الفطر المعقمة إلى الوسط المُعقم تحت شروط معقمة (Tan *et* ;FAO, 2018 ;Oei, 2003

al., 2020). يجب أن يُجرى العمل قرب لهب أو داخل حجرة العزل الجرثومي لتجنب التلوث (الشكل 26) (Smith *et al.*, 2019).

الشكل (26): تلقيح وسط الزرع السائل

يمين: تلقيح وسط تشابك المعدل السائل من زرعة أم على طبق آجار، يسار: وسط تشابك القياسي السائل بعد التلقيح.

3. 4. التحضين:

درجة الحرارة: تختلف درجة حرارة التحضين حسب نوع الفطر مثلاً: 24–27°س للفطر المحاري (*Pleurotus* spp.).

التحريك: يجب رج القارورة يومياً لتقطيع وتوزيع المشيجة ومنع حصول التكتلات (Jones and Lee, 2021).

مدة النمو: يظهر النمو على شكل عكارة في الوسط خلال 7–14 يوماً (Stamets, 2000).

3. 4. 1. التحضين مع التحريك:

تُوضع القوارير على أجهزة تحريك مغناطيسي (Magnetic Stirrer) أو على جهاز هزاز (Shaker) بسرعة 100–150 دورة/دقيقة في جو الغرفة ضمن حرارة المخبر، أو في حضَّانة تحوي جهاز هزاز، مع ضبط الحرارة عند درجة 24–28° س (الشكل ٢٧)، لمدة 7–14 يوماً لضمان نمو المشيجة بشكل جيد (Stamets, 2000; 2005).

الشكل (27): تحضين وسط الزرع السائل في الحضانة ذات الهزاز ونمو المشيجة فيه

تحضين الزرعات السائلة في الحضانة ذات الهزاز.

يمين: نمو المشيجة في وسط الزرع السائل، يسار: اكتمال نمو المشيجة على وسط الزرع السائل.

3. 5. الفحص والتخزين:

تُفحص الزرعة للتأكد من خلوها من التلوث (عكارة غير طبيعية أو روائح غريبة)، ثم تُخزن في البراد عند 4° س لإبطاء النمو لحين الاستخدام (الشكل 28) (Smith *et al.*, 2020). ويمكن حفظ الزرعة السائلة في البراد لمدة 3–6 أشهر حتى إعادة الاستخدام (Smith *et al.*, 2019).

الشكل (٢٨)

تخزين عبوات الزرعات السائلة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

3. 6. انتاج البذار السائل ضمن محاقن طبية معقمة:

بعد تحضير البذار السائل واكتمال نمو المشيجة عليه، توضع الدوارق في حجرة العزل الجرثومي وترج جيداً، ثم تملأ منها محاقن طبية معقمة خاصة مجهزة بسدادة خاصة، وتُسد المحاقن بشكل محكم، لتوضع المحاقن المملوءة ضمن أكياس معقمة وتلحم بواسطة ماكينة لحام الأكياس ويكتب عليها اسم نوع الفطر والسلالة وتاريخ التلقيح (الشكل 29).

الشكل (29): انتاج محاقن الزرعات السائلة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

تعبئة الزرعات السائلة في محاقن طبية معقمة بأحجام مختلفة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية

تغليف المحاقن بكيس معقم ضمن حجرة العزل الجرثومي.

الشكل التجاري لمحاقن الزراعات السائلة لدى الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

3. 7. مزايا اللقاح السائل:

سرعة الانتشار: يقلل الوقت اللازم لاستعمار وسط الزرع مقارنةً بالطرق الأخرى التي تستخدم أوساط الزرع الصلبة (Smith, 2020).

التجانس: يضمن توزيعاً متجانساً للمشيجة في وسط الزرع المُلقح باللقاح السائل (Oei, 2003).

المرونة: يُستخدم مباشرةً في حقن أوساط الزرع مثل حبوب القمح أو نشارة الخشب أو غيرها (Chang and Miles, 2004).

3. 8. التحديات:

التلوث: يتطلب العمل في بيئة معقمة تماماً لتجنب نمو الكائنات الحية الدقيقة المنافسة، و المحافظة على العقامة في هذه التقنية أصعب بكثير منها في التقنيات الأخرى (Smith, 2020).

التكلفة: قد تكون معدات التعقيم والتحريك باهظة الثمن للمبتدئين (Oei, 2003).

3. 9. العوامل المؤثرة على النجاح:

التهوية: التحريك المستمر يزيد من امتصاص الأكسجين ويُحسن نمو المشيجة (FAO, 2018).

تراكيز المكونات: زيادة السكريات قد تثبط النمو أو تزيد خطر التلوث البكتيري (خالد، 2015).

التعقيم: أي فشل في التعقيم يؤدي إلى التلوث بالخمائر أو بالبكتيريا (Smith *et al.*, 2020).

3. 10. التطبيقات:

3. 10. 1. تلقيح أوساط الزرع:

تُستخدم الزرعة السائلة لتسريع استعمار أوساط الزرع بنسبة 30–50% مقارنة ببذار الحبوب (الشكل 30) (Tan *et al.*, 2020).

الشكل (30): استخدام اللقاح السائل لتلقيح البذار الأم على وسط الحبوب

يسار: استخدام ماصة كهربائية معقمة لأخذ كمية من اللقاح السائل، وسط: المشيجة في اللقاح السائل، يمين: افراغ اللقاح السائل على حبوب البذار الأم ضمن حجرة العزل الجرثومي لتجنب التلوث

نماذج من محاقن زرعات سائلة إنتاج الهيئة العامة للتقانة الحيوية

3. 10. 2. تلقيح وسط الزرع النهائي بأكياس الجاهزة للإثمار:

تُستخدم محاقن الزرعات السائلة لتلقيح أكياس الفطر الجاهزة Mushroom kit، حيث يُحضر وسط زرع الفطر النهائي مثل نشارة الخشب ويعقم، ثم يُلقح بحقن اللقاح السائل في أكياس وسط الزرع السائل ضمن حجرة العزل الجرثومي، وتُستخدم هذه المحاقن من قبل هواة زراعة الفطور في المنازل (الشكل 31).

الشكل (31): تلقيح كتات الفطر المحاري باللقاح السائل

إثمار كيتات الفطر المحاري الملقحة ببذار سائل

3. 11. المزايا مقارنةً ببذار الحبوب:

سرعة النمو: أسرع من بذار الحبوب (Jones and Lee, 2021).

الكفاءة الصناعية: مثالية للإنتاج الكمي (Stamets, 2000).

3. 12. الخلاصة:

تُعد الزرعة السائلة أداة فعالة لإنتاج كتل مشيجة كثيفة في وقت قصير، لكنها تتطلب تقنيات تعقيم دقيقة ومراقبة مستمرة. ويُوصى باستخدامها كمرحلة وسيطة قبل نقل المشيجة إلى أوساط الزرع النهائية لزراعة الفطر على نطاق تجاري (Stamets, 2000).

4. تقنية بذار الأسافين الخشبية Plug spawn technique:

إنتاج بذار الأسافين Plug Spawn هو تقنية تُستخدم لتلقيح الأخشاب أو جذوع الأشجار بمشيجة الفطر عبر أسافين خشبية صغيرة مُحمَّلة بالمشيجة الحية للفطر، حيث تحفر ثقوب طولية في الجذوع، وتُحشر الأسافين المحملة بالمشيجة داخل هذه الثقوب ثم تسد الثقوب بالشمع. تُستخدم هذه الطريقة بشكل شائع في زراعة الفطور المحللة للخشب على جذوع الأشجار مثل فطر الشيتاكي *Lentinula edodes*، وفطر لبدة الأسد *Hiricium erinaceus* وفطر رايشي *Ganoderma lucidum*، وتتميز هذه الطريقة بسهولة الاستخدام وقلة خطر التلوث مقارنة بالطرق التقليدية الأخرى (Stamets, 2000).

4. 1. اختيار السلالة الفطرية:

تُختار سلالات متخصصة قادرة على تحليل الخشب، مثل فطر الشيتاكي أو المحاري أو لبدة الأسد (Smith *et al.*, 2020).

4. 2. تحضير الأسافين الخشبية:

تُقطع أعواد خشبية اسطوانية صغيرة بطول 2–3 سم وقطر 8–10 مم (الشكل 32)، من أخشاب الأشجار متساقطة الأوراق مثل: البلوط أو الحور، ثم تُجفف لخفض الرطوبة إلى أقل من 15% (خالد، 2015). وتعبأ هذه الأسافين إما بدوارق زجاجية أو أكياس حرارية.

الشكل (32): أسافين خشبية

يمين: أسلفين بطول 3 سم وقطر 10 مم، يسار: أسافين بطول 3 سم وقطر 8 مم

4. 3. التعقيم:

تُعقم الأسافين في أكياس مقاومة للحرارة بالبخار (في الأوتوكلاف)، عند 121° س لمدة 60–90 دقيقة لقتل الكائنات الدقيقة (FAO, 2018).

4. 4. التلقيح:

يُضاف لقاح سائل أو قطع مشيجة من أطباق بتري لزرعة أم نقية أو من بذار أم على الحبوب إلى الأسافين المعقمة تحت شروط التعقيم، مع إغلاق الأكياس بإحكام وسدها بقطن طبي للتنفس (Stamets, 2000).

4. 5. التحضين:

تُحضن الأكياس في غرف نمو مظلمة عند درجة حرارة 22–25° س، ورطوبة 70–80%، لمدة 4–6 أسابيع، حتى تُغطي المشيجة الأسافين الخشبية تماماً (الشكل 33) (Smith *et al.*, 2020).

الشكل (33): بذار أسافين الخشب

بذار الأسافين لفطر ذيل الحبش في أكياس خاصة مع فلتر للتنفس مستوردة من المانيا

بذار الأسافين لفطر الشيتاكي من إنتاج الهيئة العامة للتقانة الحيوية

4. 6. التخزين:

تُخزن الأسافين المُلقحة في البراد عند درجات حرارة 2–4° س، حتى استخدامها في تلقيح الأخشاب أو الجذوع (خالد، 2015).

4. 7. العوامل المؤثرة على الجودة:

نوع الخشب: يجب استخدام أخشاب مسامية وغير راتنجية لدعم نمو المشيجة (FAO, 2018).

نسبة الرطوبة: الرطوبة الزائدة في الأسافين قد تسبب تعفناً بكتيرياً (Stamets, 2000).

الموسم: يُفضل تلقيح الأخشاب أو جذوع الأشجار في فصلي الربيع أو الخريف لتحقيق نمو أمثل (Smith *et al.*, 2020).

4. 8. التطبيقات:

لقد نجح بعض المزارعين في المنطقة بتجارب لزراعة فطر شيتاكي على جذوع الأشجار باستخدام بذار أسافين الخشب، ففي لبنان قام السيد محمد غلاييني بتجربة الزراعة الخارجية لفطر جامبو شيتاكي باستخدام جذوع من شجرة سنديان، على ارتفاع حوالي 1000 م عن سطح البحر، وقد نجحت تجاربه الأولية وأعطت إثمارات ممتازة على الجذوع بعد حوالي 18 شهراً من الزراعة، وهو الآن بصدد توسيع هذه التجربة (الشكل 34).

الشكل (34): زراعة فطر شيتاكي باستخدام بذار أسافين الخشب في جبال لبنان

فطر جامبو شيتاكي على جذع شجرة سنديان من تجربة وتصوير المزارع محمد غلاييني

4. 9. الخلاصة:

تعتبر تقنية بذار الأسافين الخشبية حلاً عملياً لزراعة الفطور المحللة للخشب على الأخشاب وجذوع الأشجار، خاصة في المزارع الصغيرة، ويعتمد نجاحها على جودة التلقيح واختيار السلالات المناسبة، وتُوصي الدراسات بتطوير أسافين مُعداة مسبقاً لتقليل الوقت والجهد على المزارعين (خالد، 2015).

5. تقنية بذار نشارة الخشب Sawdust spawn technique:

وهو عبارة عن مشيجة الفطر محملة على نشارة الخشب مع بعض الإضافات مثل نخالة القمح، ويُستخدم هذا النوع من البذار لزراعة الفطور المحللة للخشب مثل الفطر المحاري *Pleurotus* أو فطر الشيتاكي *Lentinula edodes* أو فطر رايشي *Ganoderma lucidum*، ويجب أن تكون نشارة الخشب من أشجار مناسبة لنمو مشيجة الفطور المحللة للخشب وغير راتنجية لدعم نمو المشيجة (FAO, 2018).

5. 1. تحضير وسط نشارة الخشب:

تُستخدم نشارة خشب من أشجار مناسبة على أن تكون متوسطة الخشونة، فنشارة الخشب الخشنة لا تصلح لنمو المشيجة بسبب ارتفاع محتواها من الهواء، وقلة نقاط التلامس بين أجزاء النشارة، الأمر الذي يعيق انتقال نمو المشيجة بين أجزاء نشارة الخشب، مما يطيل فترة نمو المشيجة عليها، وكذلك نشارة الخشب الناعمة والتي يكون محتواها من الرطوبة عالي، مما يضعف التهوية ويشجع نمو البكتريا الملوثة، ويضعف نمو مشيجة الفطر ويعيق تنفسها. تُحضّر النشارة بنقعها بالماء الساخن لمدة 24 ساعة ثم يستبعد ماء النقع، وتصفى النشارة من الماء الزائد ويضاف إليها نخالة القمح المبللة بالماء بنسبة 5% على أساس الأوزان الجافة، وتخلط المكونات جيداً، ثم يُعبأ الخليط ضمن أكياس حرارية أو مطربانات زجاجية مناسبة، وتسد الأكياس أو المطربانات بقطن طبي يسمح بتبادل الغازات والتنفس (الشكل 35) (الهيئة العامة للتقانة الحيوية، معلومات غير منشورة).

الشكل (35): تحضير وسط نشارة الخشب

يمين: نقع وتصفية نشارة الخشب، وسط: تعبئة الوسط بأكياس حرارية مناسبة، يسار: إضافة بعض المكملات مثل نخالة القمح أو حبوب القمح لوسط نشارة الخشب.

5. 2. التعقيم:

تُعقم العبوات في الأتوكلاف عند الدرجة 121 °س لمدة 1 – 2 ساعة حسب حجم العبوة، وتُترك حتى تبرد (الشكل 36) (Stamets, 2000).

الشكل (36): تعقيم وسط نشارة الخشب

إغلاق أكياس نشارة الخشب وتعقيمها بالأتوكلاف

5. 3. التلقيح:

يُلقح بذار نشارة الخشب إما بلقاح سائل أو بلقاح من بذار أم صلب (بذار حبوب) ويجب أن يُجرى العمل قرب لهب أو داخل حجرة العزل الجرثومي لتجنب التلوث (الشكل 37) (FAO, 2018;).

الشكل (37): تلقيح وسط نشارة الخشب

يمين: تلقيح بذار نشارة الخشب، يسار ووسط: سد الأكياس بلفافة من القطن الطبي لتأمين التنفس

5. 4. التحضين:

تُحضن العبوات في الظلام عند حرارة 24 °س لمدة 2 – 3 أسابيع حتى يكتمل نمو المشيجة على كامل وسط نشارة الخشب (الشكل 38) (الهيئة العامة للتقانة الحيوية، معلومات غير منشورة).

الشكل (38): تحضين وسط نشارة الخشب

تحضين بذار نشارة الخشب، يمين: بداية التحضين، يسار: اكتمال نمو بذار نشارة الخشب

5. 5. التخزين:

ثم تُنقل إلى البراد للحفظ عند حرارة 2 –4 °س لحين الاستخدام (الشكل 39) (الهيئة العامة للتقانة الحيوية، معلومات غير منشورة).

الشكل (39):

بذار نشارة الخشب جاهز للتخزين والاستخدام

5. 6. التطبيقات:

يُستخدم بذار نشارة الخشب في زراعة الفطور المحللة للخشب مثل الفطر المحاري وفطر لبدة الأسد وفطر الشيتاكي، وفي تلقيح جذوع الأشجار كبديل عن بذار أسافين الخشب وفي تلقيح وسط نشارة الخشب، وفي تلقيح وسط تبن القمح، وفي تلقيح وسط تفل القهوة.

5. 7. الخلاصة:

إن بذار نشارة الخشب يستخدم مثل باقي أنواع بذار الفطور الصلبة وهو أقل كلفة من بذار الحبوب، لكن استخداماته محصورة في الزراعة الداخلية للفطور المحللة للخشب، وذلك لعجز أنواع الفطور الرمية

ثانوية التحليل على النمو على الخشب أو نشارته فهي تفضل النمو على الحبوب ذات المحتوى الغذائي العالي مثل أنواع جنس اليحيون .*Agaricus* spp، الأمر الذي يحد من كفاءة وانتشار بذار نشارة الخشب، ويجعله محصوراً بزراعة الفطور المحللة للخشب.

٦. المراجع References

١- خالد، أ .(2015). .إنتاج فطر عيش الغراب :الأسس العلمية والتطبيقات العملية .دار النشر للعلوم الزراعية.

٢- منظمة الأغذية والزراعة (FAO) (2018). دليل إنتاج فطر عيش الغراب. تم الاسترداد من https://www.fao.org/publications

3- Chang S.T. and Miles P.G. (2004). Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203492086.

4- Clesceri, L.S., Greenberg A.E. and Eaton A.D. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. APHA, Washington, D.C.

5- https://iht.edu.in/spawn-production-in-mushroom-cultivation/#

6- Jones R., and Lee K. (2021). Modern techniques in mushroom cultivation. *Journal of Applied Mycology*, 15 (2), 112-125. https://doi.org/10.1080/12345678.2021.1900001.

7- Maria, E.J., Florence, M. and Balasundaran, (2000). Mushroom cultivation using forest litter and waste wood. *KFRI Research Report* 195

8- Oei, P. (2003). Manual on mushroom cultivation. Agromisa Foundation.

9- Sanchita, S. (2008). Training report on mushroom cultivation. ICAR Research complex Eastern region Patna Shah, Z.A., Ashraf, M. and Ishtiaq, C. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, saw dust). *Pakistan Journal of Nutrition* 3(3): 158-160.

10- Shazia Paswal and Sardar Singh Kakraliya (2022). spawn production technology of mushrooms, *Just Agriculture*. Vol.2 Issue5 Jan 2022, e-ISSN: 2582-8223, article ID: 070.

11- Smith J. E. (2020). Biotechnology of filamentous fungi: Fundamentals and applications. Springer.

12- Smith J. E., Rowan N. J. and Sullivan, R. (2020). Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. Wiley-Blackwell.

13- Smith J., Brown T. and Wilson L. (2019). Optimization of liquid culture media for edible mushroom species. *Mycological Research*, 44(3), 201-210. https://doi.org/10.1016/j.mycres.2019.05.003.

14- Spawn preparation (2025). Penn state spawn Lab procedures for making spawn, Penn State University, college of agricultural sciences,

department of plant pathology and environmental microbiology, extinction, available on https://plantpath.psu.edu/about/facilities/mushroom/cultures-spawn/spawn-preparation.

15- Stamets P. (2000). Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms (3rd ed.). Ten Speed Press.

16- Stamets P. (2005). Mycelium running: How mushrooms can help save the world. Ten Speed Press.

17- Tan H., Zhang Y., and Chen W. (2020). Comparative analysis of liquid vs. grain spawn in mushroom cultivation. Fungal Biology Reviews, 34(4), 150–159. https://doi.org/10.1098/fbr.2020.0012.

18- Yabrak, M.M., Khojah S., Atik O., Dawalibi W., Elias E., Mando H., Bayaa A. (2009). Practical Handbook for Cultivation of Mushrooms in Syria. General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR) Publications, Damascus, Syria. 161 P. published online on: http://gcsar.gov.sy/ar/wp-content/uploads/Practical-Handbook-for-Cultivation-of-Mushrooms-in-Syria.pdf.