سلسلة الدليل العلمي للنحال (ج ٤)

إنتاج شمع النحل

إعداد /

الأستاذ الدكتور
محمد عمر محمد عمر
أستاذ تربية النحل

الأستاذ الدكتور
أحمد بن عبد الله الخازم الغامدي
أستاذ تربية النحل

كرسي المهندس عبدالله بقشان لأبحاث النحل
وحدة أبحاث النحل - قسم وقاية النبات
كلية علوم الأغذية والزراعة
جامعة الملك سعود

١٤٣٤هـ - ٢٠١٣ م

سلسلة الدليل العلمي للنحَّال (ج٤)

إنتاج تتمع النحل

إعداد:

الأستاذ الدكتور
محمد عمر محمد عمر
أستاذ تربية النحل

الأستاذ الدكتور
أحمد بن عبد الله الخازم الغامدي
أستاذ تربية النحل

كرسي المهندس عبد الله بقشان لأبحاث النحل
وحدة أبحاث النحل – قسم وقاية النبات
كلية علوم الأغذية والزراعة
جامعة الملك سعود

١٤٣٤هـ - ٢٠١٣م

ⓒ جامعة الملك سعود ، ١٤٣٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

عمر ، محمد عمر محمد
انتاج شمع النحل. / محمد عمر محمد عمر ؛ احمد بن عبدالله الخازم الغامدي .- الرياض ، ١٤٣٤هـ

..ص ؛ ..سم.- (سلسلة الدليل العلمي للنحل ؛ ٤)

ردمك: ٩-١٤٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- النحل - تربية ٢- شمع النحل أ.الغامدي ، احمد بن عبدالله الخازم (مؤلف مشارك) ب.العنوان ج.السلسلة

ديوي ٦٣٨,١ ١٤٣٤/٧٦٠٩

رقم الإيداع: ١٤٣٤/٧٦٠٩
ردمك: ٩-١٤٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة شكلها المجلس العلمي بالجامعة ، وقد وافق على نشرة بعد إطلاعة على تقارير المحكمين .

المحتويات :

تقديم ٧
مقدمة ٩
الباب الأول: الأهمية الاقتصادية لشمع النحل ١١
- مقدمة عامة ١٣
- التطور التاريخي لاستخدامات شمع النحل ١٤
- شمع النحل في التجارة العالمية ١٥
الباب الثاني : أصل شمع النحل ١٩
- تركيب غدد إفراز الشمع ٢١
أ – الشكل الظاهري لغدة الشمع ٢١
ب- التركيب الدقيق لغدة الشمع ٢١
- تطور غدد الشمع ٢٥
- تخليق شمع النحل وإفرازه ٢٦
- كيف يصل الشمع إلي سطح المرايا الشمعية ٢٨
- بعض العوامل المؤثرة في تخليق الشمع وإفرازاته ٢٩
- قشور الشمع ٣٠
الباب الثالث : بناء الأقراص الشمعية ٣٣
- سلوك الشغالات أثناء بناء القرص الشمعي ٣٦
- هندسة بناء القرص الشمعي ٣٩
- لماذا يبني النحل العيون سداسية الشكل؟ ٤٠
- الاختلافات في حجم العين السداسية لأنواع نحل العسل ٤٢
- سلوك النحل في تغطية العيون السداسية ٤٤
- بناء الأقراص الملتحمة ٤٥
الباب الرابع: الصفات الطبيعية والخصائص الكيميائية لشمع النحل ٤٧
- مقدمة ٤٩

أولاً : الصفات الطبيعية لشمع النحل..... ٤٩
ثانياً : الخصائص الكيميائية لشمع النحل ٥٣
- فورمونات شمع النحل ٥٥
- ظاهرة التزهير في شمع النحل ٥٥
- ملوثات شمع النحل ٥٥
- الخواص العامة لتقييم جودة الشمع ٥٧
- اختبارات الجودة لشمع النحل ٥٨
الباب الخامس: إنتاج شمع النحل وتنقيته من الشوائب ٦١
- مصادر إنتاج الشمع الخام ٦٣
- طرق استخلاص الشمع ٦٤
أولاً: طريقة الحمام المائي ٦٥
ثانياً: طريقة الفراز الشمسي ٦٨
ثالثاً: طرق الاستخلاص بالبخار ٧٣
- الفراز البخاري ٧٣
- الصندوق البخاري ٧٥
- مكبس الشمع ٧٦
رابعاً: استخلاص الشمع بطريقة الطرد المركزي.....٧٨
خامساً: طرقة الاستخلاص الكيميائي لشمع النحل ٧٨
- مظاهر التلف عند استخلاص الشمع الخام ٧٩
- طرق إزالة الألوان من الشمع ٨٠
أولاً: طريقة استخدام أشعة الشمس ٨١
ثانياً: طريقة استخدام المركبات الكيميائية ٨١
الباب السادس: صناعة شمع الأساس ٨٥
مقدمة ٨٧
- تاريخ صناعة شمع الأساس ٨٨
- صناعة الأساسات الشمعية ٩٠

أولاً: الطريقة البدائية أو طريقة الألواح ٩٠
ثانياً: الطريقة الحديثة أو طريقة الأسطوانات ٩١
- أنواع الأساسات الشمعية ٩٤
- تثبيت الأساسات الشمعية بالإطارات ٩٧
- فوائد استعمال الأساسات الشمعية ١٠١
- المواصفات القياسية لشمع الأساس..... ١٠٣
- الطرق التقليدية للكشف عن الشوائب في شمع الأساس ١٠٥
الباب السابع: الاستخدامات الأخرى لشمع النحل ١١١
- مقدمة ١١٣
أولاً: استخدام شمع النحل في المجالات الصناعية المختلفة ١١٤
ثانياً: استخدام شمع النحل في صناعة شموع الإضاءة ١١٥
ثالثاً: استخدام شمع النحل لبعض المجالات الزراعية وشمع التطعيم ١١٦
رابعاً: استخدام شمع النحل في صناعة المستحضرات الطبية ١١٧
خامساً: استخدام شمع النحل في صناعة مواد التجميل ١١٧
سادساً: استخدام شمع النحل في علاج الأمراض ١١٩
الباب الثامن : تخزين شمع النحل ١٢٣
- إجراءات ما قبل تخزين الأقراص الشمعية ١٢٥
- إصابة الأقراص الشمعية بالآفات في المخزن ١٢٦
- الأضرار التي تحدثها يرقات دودة الشمع الكبيرة ١٢٧
- الأضرار التي تحدثها يرقات دودة الشمع الصغيرة ١٣٠
- الأضرار التي تحدثها القوارض ١٣٠
- حماية الأقراص الشمعية من الإصابة بالآفات في المخزن ١٣٠
- نظم التخزين والحفظ للأقراص الشمعية في مخازن خاصة ١٣٠
- حفظ قوالب الشمع النقية عقب الاستخلاص ١٣٤
خاتمة ١٣٦
المراجع العربية والأجنبية..... ١٣٩

تقديم:

نظراً إلى أنّ قطاعاً كبيراً من العاملين في مجال تربية النحل، وخاصة المبتدئين، تنقصه الخبرة في أسلوب تعظيم الفائدة من عائدات طوائف نحل العسل، وذلك باستخدام أساليب الإنتاج المتعددة للحصول على عسل النحل في صوره المختلفة، بالإضافة إلى إنتاج الشمع وحبوب اللقاح والغذاء الملكي وسم النحل والبربوليس، حيث إن إضافة أي منتج من هذه المنتجات إلى عائدات المنحل من إنتاج العسل، يمكن أن يدرّ دخلاً إضافياً للنحال، يضاعف المردود الاقتصادي، ويعطي بعداً جديداً في مجال تربية النحل بالمملكة .

وبجانب أن إنتاج عديد من منتجات النحل الطبية؛ كالغذاء الملكي وسم النحل وحبوب اللقاح والبربوليس، باتت هذه المنتجات هدفاً للنحالين في معظم بلدان العالم، لما تحظى به من اهتمام لاستخدامها في المحافظة على الصحة والحيوية وعلاج عديد من الأمراض، فإن إنتاج الشمع يعد هو المنتج الأهم لطائفة النحل بعد إنتاج العسل؛ لفوائد استخدامه في صناعة الأساسات الشمعية، واستخداماته الواسعة في صناعة مواد التجميل وشموع الإضاءة وكثير من الصناعات التقليدية.

ومن خلال كرسي المهندس عبد الله بقشان لأبحاث النحل بجامعة الملك سعود، الذي يقوم على تطوير أساليب تربية النحل في مستوى المملكة، وتنفيذ عدد من المشروعات البحثية للرقي بصناعة النحل، وتقديم المعونة الفنية، وصقل مهارات النحالين عن طريق عقد عديد من الدورات التدريبية؛ فإن إعداد سلسلة الدليل العلمي للنحال في مختلف مجالات تربية طوائف نحل العسل ورعايتها، وتعظيم الفائدة منها، تعد إحدى أدوات نشر ثقافة المعرفة بأساليب التربية، وإضافة حديثة إلى مراجع تربية النحل المتاحة بالمكتبة العربية.

وقد حاولنا في تلك السلسلة من الدليل العلمي للنحال جمع المعلومات الخاصة بكل مجال في شكل دليل مختصر مفيد مدعم بالأشكال والصور التوضيحية، ومكتوب بلغة علمية مبسطة وموثقة بعديد من المراجع العلمية الحديثة، بالإضافة إلى الملحوظات الشخصية والخبرات الذاتية على مدى سنوات عديدة للعمل في تربية النحل؛ لتكون مرجعاً مهماً باللغة العربية للعاملين في هذا المجال.

والله نسأل أن يوفقنا إلى ما فيه خير الوطن، وهو الهادي إلى سواء السبيل.

المشرف على كرسي المهندس عبد الله بقشان

أ.د أحمد عبد الله الخازم الغامدي

مقدمة

يعدّ شمع النحل المنتج الأشهر لطائفة النحل بعد العسل، لشيوع استخدامه في مجال تربية النحل لصناعة الأساسات الشمعية، بجانب استخداماته الصناعية والطبية المتعددة. وقد ظهرت أهمية شمع النحل منذ العصور القديمة، ولا يزال يحتفظ بتلك الأهمية حتى وقتنا الحاضر.

شمع النحل تركيب معقد، يتكون من مزيج من عدد كبير من المكونات التي قد تفوق ثلاثمئة مكون ، لا يمكن تجميعها بعضها مع بعض في شكل صناعي. وتقوم شغالات النحل بتحويل المركبات السكرية إلى المادة الأولية الرئيسة للشمع، من خلال مجموعة من الغدد الخاصة الموجودة على السطح البطني للشغالة. وتعد الخلايا التقليدية المصدر الأساس لإنتاج الشمع في عديد من الدول، خاصة في البلدان التي لا تزال تعتمد على الأسلوب التقليدي في تربية طوائف النحل، ومن ثمّ فإن اعتماد نسبة عالية من نحالي المملكة في الوقت الحالي على تربية النحل المحلي في خلايا تقليدية، يفتح مجالاً للاستفادة من الشمع كمنتج اقتصادي، يمثل عائدًا إضافياً لا يستفاد منه.

وقد رأينا، ونحن نضع هذا الدليل العلمي للقائمين على تربية النحل، أن نوضح أهمية شمع النحل كمنتج مهم من منتجات طائفة نحل العسل، وتوضيح العوامل المؤثرة في الإنتاج، وطريقة استخلاصه وتنقيته، مع إلقاء الضوء على استخداماته في المجالات المختلفة الصناعية والعلاجية.

« قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ»

نسأل الله دوام التوفيق ...

المؤلفان...

الباب الأول

الأهمية الاقتصادية لشمع النحل

Economic Importance of Bees wax

مقدمة عامة:

الاسم القديم لكلمة الشمع Weax هي كلمة أنجلو سكسونية الأصل، حرّفت فيما بعد إلى كلمة Wax للدلالة على الشمع المنتج بواسطة نحل العسل، غير أنها خلال القرن التاسع عشر أصبحت تشمل في معناها أنواعاً متعددة من الشموع الطبيعية، مثل: شمع النحل، وغيره من أنواع الشموع النباتية أو الحيوانية أو المعدنية، التي أصبح لها استخدامات عدة في السنوات الأخيرة.

ويعتبر شمع النحل beeswax هو المنتج الأهم لطائفة النحل بعد العسل Honey، حيث إنه بجانب استخدامه في مجال تربية النحل لتصنيع الأساسات الشمعية، صار يستخدم بشكل واسع في صناعات مواد التجميل والعديد من الصناعات الأخرى.

ويعتبر بناء النحل للأقراص الشمعية من العمليات ذات الأهمية القصوى لحياة الطائفة، فعند دخول الطرد إلى العش الجديد لا يمكنه الحياة بدون وجود عيون سداسية، يربي فيها حضنته، ويخزن فيها غذاءه من العسل وحبوب اللقاح، ولذا تعطي الطائفة لهذه العملية أهمية خاصة؛ حيث تقوم بها الشغالات، عندما يكون عمرها في الفترة من ١٢-١٨ يوماً، بينما تفقد الشغالات المسنة نشاطها في إفراز الشمع. وينتج الشمع من غدد خاصة تقع على الأربع حلقات البطنية الأخيرة من الجهة البطنية.

وتنتج طوائف نحل العسل كميات كبيرة من الشمع خلال فترة نموها مع بداية موسم النشاط، خلال الفترة من مارس إلى يونيو في المناطق المعتدلة من العالم. ولكي تقوم الطائفة ببناء الشمع بناء مثاليًا، يجب أن يكون لها ملكة قوية قادرة على وضع البيض، كما تحتاج إلى موسم إزهار رئيس يشكل فيض عسل عال، مع وجود درجة حرارة خارجية مناسبة لطيران النحل، ووجود مصدر بروتيني من حبوب اللقاح. وتعتبر المواد الكربوهيدراتية - مثل سكريات العسل (الجلوكوز – الفركتوز – السكروز)- هي المادة الأولية الرئيسة لتخليق الشمع. وقد وجد أن شمع النحل لا يتكون من مادة واحدة، وإنما من مزيج من سلاسل عديدة من الجزئيات، وهناك أكثر من ثلاثمائة مكون تم تصنيفه في شمع النحل، غير أن ٨٪ فقط من تلك المكونات هي التي تشكل الجزء الأكبر منه؛ ولذا فهو مادة معقدة من الواضح أن صناعتها كما هي بالضبط تعتبر أمراً مستحيلاً.

التطور التاريخي لاستخدامات شمع النحل

كان لشمع النحل أهمية كبيرة منذ العصور القديمة. فقد أستعمله قدماء المصريين لحفظ جثث الموتى، حيث سجل وجود شمع النحل في لفافات الموميات للفراعنة، كما تم استخدامها في حفظ لفافات أوراق البردي وحماية الكتابات الموجودة عليها (Benson et al. (1978) ، وقد ذكرت Crane (1999) أن شمع النحل قد سُجل في ٣٢ وصفة طبية كتبها قدماء المصريين على أوراق البردي منذ ١٥٠٠ عام قبل الميلاد. كما استعمل الرومان واليونانيون شمع النحل في الكتابة، وفي صنع نماذج التماثيل، وعمل الشموع لإضاءة المعابد والمنازل، وفي صناعة الأدوية والأوراق. ولأهميته البالغة في تلك العصور، استعمل شمع النحل في عمليات التبادل التجاري والتقايض. ولا شك أن أهميته قديماً تفوق أهميته في الوقت الحالي، خاصة بعد ظهور أنواع عديدة من الشموع المختلفة، ورغم ذلك فلا يزال لشمع النحل أهمية بالغة في عصرنا الحديث، حتى بعد معرفة بعض المواد الشمعية النباتية والمعدنية أو المواد الشبيهة بالشمع، وذلك لتمتعه بكثير من الصفات الخاصة التي لا تتوافر في غيره من الشموع.

اعتقد الناس قديماً أن شمع النحل يتم إنتاجه بواسطة النباتات والأشجار المزهرة، حيث يجمعه النحل ويحمله على أرجله عائداً به إلى الخلية. وفي سنة 1609 ذكر Butler أن حبوب اللقاح ليست هي مصدر شمع النحل، ولكن النحل يحمل الشمع كقشور صغيرة جداً؛ ليصنع منها قرص الشمع. في عام 1744 ذكر Hombostel أن الشمع يجب أن يأتي من النحلة نفسها، ثم كتب Hunter(1792) أن شمع النحل عبارة عن إفراز زيتي من نحل العسل، وبعده بعام أوضح Huber(1793) أن هذا الإفراز يمكن أن يتم بعد تغذية النحل على كمية وافره من العسل.

وفي الفترة من ١٨٩٠ إلى ١٩٠٠ بدأ الإنسان يعرف أكثر عن الأعضاء الداخلية للشغالة المستخدمة في إفراز الشمع، كما تم معرفة أن القشور الشمعية تتكون خارجياً، وذلك على صفائح إسترنات للحلقات البطنية من الرابعة إلى السابعة، حيث يوجد زوج من المرايا الشمعية على كل حلقة ، إذ تمت معرفة أن الغدد الشمعية تقع فوق هذه الصفائح الشمعية، وتتكون من خلايا إبيدرمية سميكة. ويجاورها فراغات إضافية، والخلايا النبيذية، والخلايا الدهنية تعتبر خلايا مرتبطة بتخليق الشمع، حيث يتم إفرازه على هيئة سائل يتصلب في هيئة قشور بمجرد ملامسته للصفائح وتعرضه للهواء.

شمع النحل في التجارة العالمية

كان لتجارة شمع النحل أهميةً بالغةً منذ زمن بعيد في أوربا واليونان القديمة، كما عرف الرومان شمع النحل عندما قاموا بفتح كورسيكا عام ١٨١ ق.م، واعتبر شمع النحل في أوربا زمن القرون الوسطي وحده للتجارة.

ويقيّم شمع النحل كسلعة تجارية على عدة درجات طبقاً لبعض مواصفاته، مثل اللون حيث يتدرج لون الشمع من الأبيض الفاتح إلى الأصفر أو اللون البني أو البني الغامق، كما أن رائحته أيضاً متدرجة. وقد قسم Bennett (1975) شمع النحل بناء على درجة اللون إلى ثلاث درجات، اعتماداً على عملية التبييض التي تتم على شمع النحل عقب عملية صهره وتجميعه على شكل كتل أو بلوكات للتداول التجاري. وفي الوقت الحاضر يتداول شمع النحل في شكلين تبعاً لغرض الاستخدام:

١- شمع نحل يستخدم في مستحضرات التجميل والأغراض الطبية. وقد قام Strahl and Pitch في الولايات المتحدة بتقسيم شمع النحل المستخدم صيدلانياً في مستحضرات التجميل إلى ٦ درجات.

٢- شمع نحل يستخدم في الأغراض التجارية والصناعية وقسم إلى خمس درجات.

وقد أوضح Coggshall and Horse (1984) أن خواص شمع النحل تختلف تبعاً للدولة المنتجة له، خاصة من حيث درجة التبييض والمرونة.

وتأتي الأهمية الاقتصادية عالمياً لشمع النحل كمنتج لطائفة نحل العسل في المرتبة الثانية بعد العسل، ويمكن تقدير إنتاج الشمع بما يعادل ١,٥-٢,٥٪ من إنتاجية المنحل من العسل، وذلك في حال استخدام الخلايا الخشبية الحديثة، كما ذكرت Crane (1990). بينما في الدول الإفريقية التي تستخدم الخلايا التقليدية، فيمكن تقدير إنتاج الشمع بما يعادل ١٠٪ من إنتاجية الطائفة من العسل.

ويوفر النحل للنحال من ٥-١٠٪ من دخله من شمع النحل طبقاً للأسعار العالمية. وفي المستوى العام لمبيعات الشمع، فإن سعر الشمع عادةً يعادل من ٢-٥ مرات مقدار سعر العسل.

وطبقاً لإحصائيات منظمة الأغذية والزراعة FAO، فإن الإنتاج العالمي من العسل في عام ١٩٩١ بلغ ١,١٩ مليون طن، وعليه فإن حوالي ١٧,٨٥٠ – ٢٩,٧٥٠ طنًا من الشمع يتوقع أنها أنتجت في الفترة نفسها (Iqbal, 1993).

يوضح الجدول رقم (١) كميات شمع النحل الخام المصدرة والمستوردة بالطن من وإلي الدول المنتجة والمستوردة لشمع النحل، وذلك كما وضحتها (2009) Breadbear.

جدول (١) تجارة دول العالم لشمع النحل عام2003 (Breadbear, 2009)

القارة أو البلد	الكمية (بالطن)	
	تصدير	استيراد
العالم	١٠٣٣٦	١١٩٤٩
آسيا	٥٢١٣	١٩٩٥
أفريقيا	٧٩٥	٢٥٨
أوروبا	٢١٦٧	٦٨٧٣
الصين	٤٨١٤	١٢٧
الدومنيكان	٣٩	١
أثيوبيا	٤٠٢	١
فرنسا	٤٩٥	١٢٤٣
ألمانيا	٩١٩	٢٣٦٣
اليابان	٨٩	٧١٣
المكسيك	١٤	٧١
البرتغال	١٠	٣٢
أسبانيا	١١٣	٣٣٦
بريطانيا	١٠٢	٧٣١
أمريكا	١٠٩٧	٢١٩٥
زامبيا	٣٣	-

ويستخدم شمع النحل بشكل رئيس في صناعة الأساسات الشمعية المستخدمة في الخلايا

الحديثة، غير أنه يستخدم في عدة أغراض أخرى، يأخذ كل منها قدراً من إنتاج شمع النحل، حيث ذكرت Crane (1990) أن النسب المئوية لاستخدام الشمع الخام في المجالات المختلفة عدا صناعة الأساسات الشمعية، قدرت على النحو الآتي:

مستحضرات التجميل	٢٥-٣٠٪
الصناعات الدوائية	٢٥-٣٠٪
صناعة الشموع	٢٠٪
أغراض أخرى	١٠-٢٠٪

وتعتبر الدول النامية والاستوائية هي الأكثر سيادة في إنتاج الشمع الخام وتصديره؛ لأن معظم الخلايا المستخدمة بها من الخلايا البدائية والتقليدية التي تُستخرج منها الأقراص الشمعية كاملة لعصرها للحصول على العسل بينما الدول الصناعية التي تعتمد مناحلها على استخدام الخلايا الحديثة التي تعتمد على استخدام الأساسات الشمعية، فهي الأكثر حاجة إلى استيراد الشمع الخام، وعادة ما تستهلك الدول المستوردة إنتاجها المحلي من الشمع الخام في صناعة شمع الأساس، بينما تستخدم الشمع المستورد للاستخدامات الصناعية والطبية.

وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية هي الدولة الأكثر حاجة إلى استيراد الشمع الخام في المستوى العالمي، والأكثر استهلاكاً لشمعها المحلي. وبشكل رئيس فإن الشمع المستورد يعاد تصدير جزء منه مرة أخرى من بعض البلدان، مثل: ألمانيا، ونيوزيلندا، والمملكة المتحدة، والولايات المتحدة الأمريكية، بعد إجراء عمليات التنقية والتبييض. وتستورد دول الاتحاد الاوربي حوالي ٦٠٠٠ طن من شمع النحل سنوياً، تأتي نسبة ٥٠٪ منها من الدول الناميه.

وقد بلغت أسعار شمع النحل في عام 1991 كما ذكر(1993) Iqbal – ٣,٦٠٠ دولاراً للطن، حيث تتراوح أسعار شمع النحل الخام عالمياً ما بين ١٠-٤٠ دولاراً أمريكياً لكل كيلوجرام من الشمع الخام.

ومن الملاحظ أن الجزء الأكبر من شمع النحل المنتج في الدول الأوربية وأمريكا، يلوث بالمبيدات الأكاروسية المستخدمة في مقاومة طفيل الفاروا (Schoeder and Wallner, 2003)، والآن توجد زيادة في طلب الحصول على شمع خالٍ من بقايا المبيدات. ويعتبر شمع النحل الخالي من المبيدات الأكاروسية اتجاهاً حديثاً في تجارة شمع النحل خلال الأعوام القادمة.

الباب الثاني

أصل شمع النحل

The Origin of Beeswax

- تركيب غدد إفراز الشمع Structure of the wax glands:

أ – التشكل الظاهري لغدد الشمع:

تحمل شغالات نحل العسل أربعة أزواج من الغدد، توجد على صفائح الحلقات البطنية من الرابعة إلى السابعة (شكل١ -أ). ويلاحظ أن الصفائح البطنية تتداخل بعضها مع بعض، حيث تتداخل الحافة الخلفية للصفيحة البطنية مع الحافة الأمامية للصفيحة التي خلفها، ونظراً لوجود غدة الشمع في مقدمة كل صفيحة بطنية، فإن هذه الغدة تكون في العادة مختفية رغم أنه عند نشاطها تبدو قشور الشمع التي تنتج من هذه الغدد مرئية، ويكون الجزء الخلفي الظاهر من الأسترنة معتماً ومغطى بالشعر بجانب الصفائح البطنية المتداخلة. وإذا أزيلت الصفيحة البطنية السابقة، فإن مساحتين كبيرتين بيضاويتي الشكل ذواتي لون أصفر شاحب، تظهران على الجليد. وكل واحدة من هاتين المساحتين تسمى مرآة الشمع wax mirrors (شكل١-ب)، وهاتان الصفيحتان الجليديتان اللامعتان تعلوان التركيب المعقد لغدة الشمع.

ب – التركيب الدقيق لغدد الشمع: Fine structure of wax glands

تتكون غدد الشمع من طبقة من الكيوتيكل ذات تركيب خاص في منطقة مرآة الشمع، يقع أسفلها ثلاثة أنواع من الخلايا، تسهم في التركيب الدقيق للغدة، كما يتضح من شكل (2)، وهي:

١-خلايا طلائية غدية Glandular epithelial cells : وهي طبقة من الخلايا تقع تحت جليد مرآة الشمع.

٢-خلايا الجسم الدهني Fat body cells: وهي مجموعة من الخلايا تبطن خلايا البشرة من الداخل.

٣-الخلايا النبيذية Oenocytes: وهي مجموعة من الخلايا تتداخل مع الخلايا الدهنية.

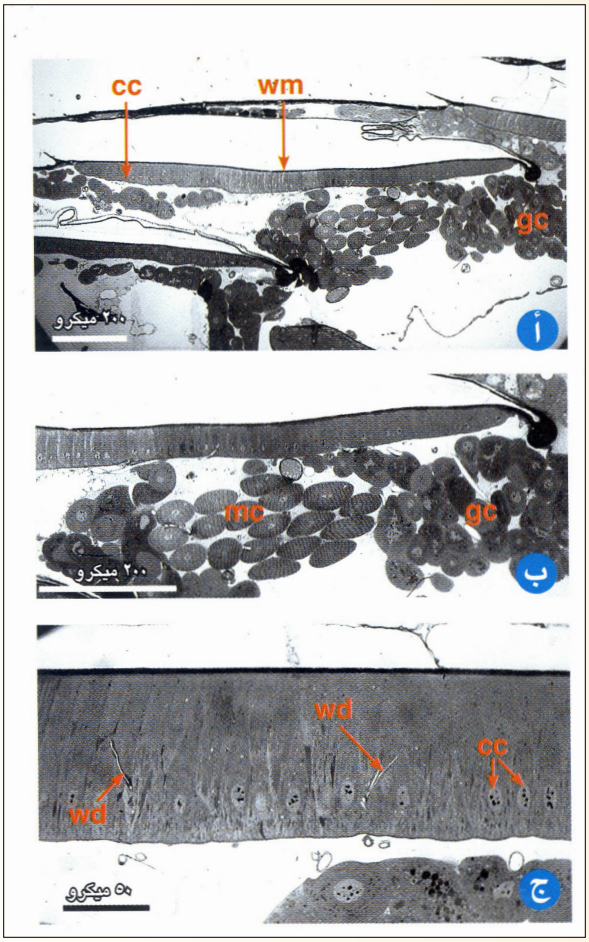
ومنطقة الجليد في منطقة مرآة الشمع تختلف عن تركيب الجليد العام في جسم النحلة في عدة نواحٍ، أبرزها:

- عدم وجود الطبقة الشمعية الموجودة في جليد الحشرات بصفة عامة في جليد مرآة الشمع.
- وجود قنوات ثقبية دقيقة تمتد من الخلايا الطلائية، يعزى إليها القيام بعدة مهام، منها:

شكل (١): غدد الشمع على السطح البطني لشغالة نحل العسل

أ – موقع الغدد ب- مرايا الشمع جـ- شكل قشرة الشمع

(Brown, 2009)



شكل (٢): التركيب الدقيق لمرآة الشمع

(أ) قطاع بالمجهر الضوئي لإسترنة شغالة نحل العسل في منطقة مرأة الشمع (wm). يظهر بوضوح الخلايا العمادية (CC) المرآة الشمعية تحت الجليد الذي يكوّن المرآة. ترتبط الغدة بخلايا نبيذية وخلايا الجسم الدهني (gc).

(ب) منظر للمنطقة التي تقع تحت مرآة الشمع بالقوة الكبري للمجهر الضوئي. لاحظ الخلايا العضلية (mc) ، والخلايا النبيذية، وخلايا الجسم الدهني (gc).

(ت) خلايا عمادية (CC) تحت جليد مرآة الشمع. وتظهر قطاعات من قنوات الشمع (wd). (قودمان، 2009).

- الإفراز وإصلاح الطبقة الشمعية الرقيقة التي توجد على سطح الجليد.
- تسهم في عملية دبغ الطبقة الجليدية الخارجية وتصلبها.
- تعمل كهيكل خلوي cytosketon لتثبيت الخلايا الطلائية مع طبقة الجليد الأولى.

والقنوات الثقبية تُملأ بخيوط، يحتمل أن تكون من الشمع، قطرها يتراوح ما بين ١٠-٣٠ نانو متراً، وتتحول الأغشية القمية للخلايا الطلائية إلى ثنايا، وتتداخل مع طبقة الجليد الأولى تاركة فراغات بين الخلايا والجليد، وتبدو هذه الفراغات بين الخلوية ممتلئة بمجاميع من الخيوط المتحركة التي تدخل القنوات الثقبية، وتمتد إلى أعلى في منطقة الجليد الأولى إلى أن تصل إلى طبقة الكيتوكل، كما تمتد إلى أسفل إلى أن تدخل إلى الخلايا الطلائية (Cassier and Lensky, 1995).

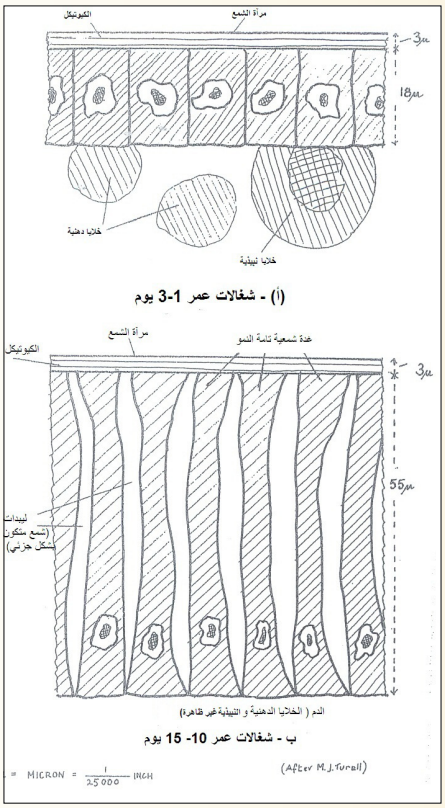
وتستطيل الخلايا الطلائية في الغدة النشطة؛ لتصل إلى حوالي ٤٠ ميكرومتراً، مكونة طبقة ذات سياج واضح، وليس لهذه الخلايا قنوات تجري خلال الجليد الذي يمكن رؤيته على السطح الخارجي، ولا تتصل بالخلايا القنوية التي تصب للخارج.

تقع خلايا الجسم الدهني تحت الخلايا الطلائية التي يوجد بينها خلايا نبيذية Oenocytes، حيث توجد خلية واحدة لكل خليتان أو ثلاثة من خلايا الجسم الدهني مع ملاحظة أن النسيج كله يكون مدعمًا بالقصيبات الهوائية (Cassier and Lensky, 1995).

تطور غدد الشمع Development of wax glands:

تقوم شغالات نحل العسل بأداء وظائفها المختلفة تبعاً لعمرها الذي يرتبط بشكل دقيق بدورة نشاط الغدد في جسمها (Ribbands, 1953; Winston, 1987) . وعند خروج شغالات نحل العسل حديثة الانبثاق من العين السداسية، ويكون سمك الكيوتيكل في مرايا الشمع حوالي ٣ ميكروميترات مخالفة في تركيبها مكونات الجليد الخارجي لباقي مناطق الحشرة (Menzel et al., 1969). والخلايا المكونة للغدة الشمعية لا تكون نشطة في المرحلة الأولى من حياة الشغالة، غير أن تلك الخلايا تبدأ في الزيادة في الحجم خلال اليومين الثاني والثالث من بدء حياة الشغالة الكاملة، وتصل إلى أقصى حجم لها خلال الفترة من اليوم الخامس إلى اليوم الخامس

عشر، ثم تبدأ بعد ذلك في التناقص ببطء ويرتبط نشاط الغدة بالفترات التي تقضيها الشغالة في بناء القرص الشمعي وإصلاحه، وكذلك في تغطية العيون السداسية للحضنة والعسل بالشمع (Winston, 1987). ويبدو أن نمو الخلايا الطلائية والنبيذية والجسم الدهني، يرتبط ارتباطاً وثيقاً بواجبات الشغالات التي تؤديها داخل الخلية، والشكل (٣) يوضح رسم تخطيطي لنمو خلايا غدة الشمع وتطورها خلال فترة الإفراز.



شكل (٣): رسم تخطيطي يوضح تفاصيل نمو غدد الشمع

أ – شغالات صغيرة العمر (١-٣ أيام).

ب- شغالات حاضنة (١٠-١٥ يومًا).

(مأخوذة من Brown, 2009)

تخليق شمع النحل وإفرازه Synthesis and Secretion of bees wax:

تبدأ الشغالات في إفراز الشمع بشكل قليل جداً، عندما تبلغ من العمر أسبوعًا واحدًا، وتصل إلى قمة الإفراز عند اكتمال عمرها أسبوعين، ثم تبدأ بعدها في الهبوط (Rosch, 1927; Boehm, 1965; Hepburn et al. 1984).

وقد قام Hepburn et al. (1991) بدراسات على كيفية تخليق الشمع وإفرازه في نحل العسل، وذلك لتحديد مراكز التخليق للهيدروكربونات والأحماض الدهنية في التركيب المعقد لغدد الشمع، وكيفية نقل ذلك الإفراز للخارج، كما تم تقدير المعدلات الحقيقية لإفراز الشمع في الأعمار المختلفة للشغالات، وذلك لتقدير كيف أن المكونات الكيميائية لهذه الأنسجة ودورات التغير في التركيب الدقيق لها، تكون مرتبطة بدورات إفراز الشمع خلال مرحلة عمل الشغالات في إنتاج الشمع.

ومن الدراسات الهستولوجية لغدة الشمع، وجد أنها تركيب معقد، يتكون من طبقة من خلايا البشرة، بالإضافة إلى خلايا الجسم الدهني أو الخلايا النبيذية Oenocytes ، وهي المسؤولة أساسًا عن عملية تخليق الشمع وإفرازه، غير أن كفاءة التخليق لكل نوع من الخلايا بشكل منفرد في غدة الشمع من المعتقد أنها أكثر تعقيداً بكثير عما يبدو (Rosch, 1927; Reiman, 1952; Boehm, 1965). وتكون الخلايا النبيذية في الشغالات حديثة العمر غير مميزة، غير أنها عند عمر أربعة أيام تزداد في الحجم والكثافة، وتبقي هذه الخلايا متطورة خلال فترة الإفراز، ثم يبدأ حجمها مع اليوم الثامن عشر في النقصان، وتظهر بها مجموعة من الفجوات كما تختفي بها قطرات الليبيدات والبروتين، وفي الوقت نفسه نجد أن خلايا الـ adipocytes تتميز بوجود غشاء سيتوبلازمي كثيف، وتزداد في الحجم عند تخليق الشمع كما تحتوي على عدد كبير من الميتوكوندريا، وعدد قليل من أجسام جولجي، مع وجود قطرات عديدة من الدهون تشغل حوالي ٦٠٪ من سيتوبلازم الخلايا في الشغالات صغيرة العمر، غير أنها تتناقص تدريجياً في خلال عدة أيام.

وقد أوضحت الدراسات النسيجية أنه خلال فترة الإفراز تمر المادة الأولى من خلايا الجسم الدهني، بعد ذلك من الخلايا النبيذية إلى داخل الخلايا الطلائية (Cassier and Lensky, 1995).

وعند تعليم مجموعة خلات مشعة في الدهون وجد – من نتائج الدراسة– ظهور مناطق مخلقة بواسطة خلايا الجسم الدهني والخلايا النبيذية، فالإسترات Esters تنتج بواسطة خلايا الجسم الدهني، أما الكربونات المائية Hydrocarbons والأحماض الدهنية الحرة Free fatty acids فينتجا بواسطة الخلايا النبيذية، بعد ذلك ينقل كلا النوعين من الخلايا منتجاتهما إلى الخلايا الطلائية (Gould and Gould, 1988). ويبدو أن للجسم الدهني والخلايا النبيذية إسهاماتهما الأساسية في إفراز الشمع، أما دور الخلايا الطلائية في هذه العملية فغير واضح. وقد ذكر بعض الباحثين أنهم لم يتمكنوا من إيجاد بعض العضيات (التراكيب الحيوية) في الخلايا الطلائية والشائع وجودها والضرورية للإفراز (Gould and Gould, 1988). بينما ذكر البعض الآخر أنها توجد في خلايا الغدة النشطة، مع وجود زيادة في حجم النواة، حيث ترتبط مع التخليق الزائد والنشاط الإفرازي للخلايا. واقترح هؤلاء الباحثون أن الخلايا مسؤولة عن تخليق جزء من المركب البروتيني الداخل في تركيب الشمع، ومن الممكن أن تكون مسؤولة عن تخليق بعض مكونات الشمع الأخرى (Cassier and Lensky, 1995). أما باقي المركب البروتيني فقد اختلفت الآراء حول مصدره ما بين أن مصدره الهيموليمف أو مصدره الجسم الدهني.

كيف يصل الشمع إلى سطح المرايا الشمعية؟

How does the wax reach the surface of the wax mirrors?

إن الآلية المضبوطة لوصول الشمع إلى سطح المرايا الشمعية غير واضحة. ويعتقد أن الجهاز الخاص بالقنوات الثقبية المليء بالخيوط التي تتكون من الشمع، تمتد إلى أعلى في القنوات الشمعية. ويبدو أن ذلك يؤدي إلى تكوين آلية الانتقال، حيث تحمل تلك القنوات الشمع أو مشتقاته قريباً من سطح المرايا الشمعية. هذا وقد أدى وجود إنزيمات الإستراز Esterases (وهي الأنزيمات التي تعمل على تحليل الإستر المرتبط مع الدهون تحللاً مائيا) في منطقة القناة الثقبية إلى اقتراح بأن الخطوة النهائية في تخليق الشمع تحدث في هذه المنطقة أو بالقرب منها (Tulloch, 1980). وحتى في حالة حدوث ذلك، تظل مشكلة المرحلة النهائية في انتقال الشمع عبر الطبقة الخارجية من الجليد قائمة، حيث لا توجد ثقوب أو قنوات تتخلل هذه الطبقة وتصلها بالخارج (Locke, 1961; Hepburn, 1986). ولأن الشمع كاره للماء

Hydrophobic، فإنه من المحتمل أن ينقل عبر الطبقة الخارجية الرقيقة بمساعدة مواد محبة للدهون أو حاملة لها، حيث إن طريقة نقل مركب الكربون المائي Hydrocarbon بواسطة البروتينات معروف حدوثها في الحشرات الأخرى. وهذا قد يفسر وجود بعض البروتينات في شمع النحل (Kurstjens et al., 1990).

بعض العوامل المؤثرة في تخليق الشمع وإفرازه:

هناك عوامل عدة تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في نمو خلايا غدد الشمع وتطورها، وقد وضح Turell (1972) بعضاً من هذه العوامل، نستعرض منها الآتي:

١- توافر مصادر الرحيق في منطقة المنحل: يعتبر وجود مصدر متدفق للرحيق على درجة عالية من الجودة أهم العوامل المؤثرة بشكل فعّال في كمية الشمع المفرزة، حيث يتحكم توافر الرحيق في البيئة الخارجية في قدرة شغالات النحل على بناء أقراص شمعية جيدة، وفي عملية إصلاح الأقراص الشمعية الموجودة فعلاً داخل الطائفة؛ إذ تقوم الشغالات بتحويل الرحيق إلى عسل يمتص في أجسامها، وتقوم خلايا غدد الشمع بتحويل المواد السكرية إلى مواد شمعية، تتكون من العناصر نفسها المكونة للسكريات (الكربون – الهيدروجين – الأوكسجين) ، وتحتاج الشغالة إلى استهلاك كميات كبيرة من العسل؛ حتى تقوم بإفراز الشمع، وتقل كمية العسل المستهلكة لإفراز الشمع عندما تكون الشغالة في أنسب سن للإفراز. وقد تباينت التقارير في تقييم ذلك، حيث سجل أن الشغالة تستهلك ٨,٨ كجم من العسل في المتوسط لإنتاج كيلوجرام واحد من الشمع. وتتوقف الشغالات عن إفراز الشمع في أوقات الجفاف وعدم وجود مصادر للرحيق.

٢- عمر الشغالات: تصل غدد الشمع إلى درجة عالية من النمو في الشغالات الحاضنة عند عمر اثني عشر يوماً تقريباً، وتستمر الشغالات حتى اليوم الثامن عشر في بناء الأقراص الشمعية، وتعتبر هذه الفترة من عمر الشغالة هي الفترة المثالية التي يكون فيها معدل إفراز الشمع عند المستوى الأمثل. وعند حدوث التطريد الطبيعي من الطائفة الأم، فإن إنتاج الشمع تقوم به الشغالات الصغيرة والكبيرة في السن لأفراد الطرد، وذلك لبناء الأقراص الشمعية الجديدة اللازمة لحياة الطائفة الجديدة. وتكون سرعة بناء الطرد للأقراص الشمعية الجديدة أسرع من الطائفة الأم المستقرة.

٣- توافر درجة الحرارة المناسبة داخل الخلية؛ إذ يحتاج بناء الأقراص الشمعية إلى درجة حرارة عالية نسبياً، تتراوح بين (٣٣-٣٦°م) داخل الخلية، حتى تنشط الغدد لإفراز الشمع.

٤- حاجة الطائفة إلى مساحة أكبر من العيون السداسية لتخزين العسل، حيث تؤثر تلك الحاجة في سرعة بناء الأقراص الشمعية، وعند انخفاض معدل وضع البيض بواسطة الملكة في بداية الخريف، تلجأ الشغالات إلى استعمال العيون السداسية المخصصة لعش الحضنة في تخزين الرحيق، وذلك بدلاً من بناء قرص شمعي جديد.

٥- توافر مخزون كافٍ من حبوب اللقاح قبيل فترة إفراز الشمع، فبينما تعتمد عملية تخليق شمع النحل على المواد السكرية التي تتغذى عليها الشغالات، فإنها تحتاج إلى كميات وافرة من البروتين لتحقيق الإفراز الأمثل من الشمع، حيث لوحظ أنه في حالة إفراز النحل للشمع في غياب البروتين؛ فإن الشغالة تفقد حوالي خُمس وزن جسمها، نظراً لاعتمادها على المحتوى البروتيني الموجود بالجسم، ويمكن أيضاً تفسير ضرورة وجود مصدر بروتيني جيد كمصدر أساس لبناء الإنزيمات التي تعمل بشكل مباشر في عملية تخليق الشمع وإفرازه.

٦- قوة الخلايا ومعدل استهلاك العسل لإفراز الشمع.

٧- استعداد الطائفة للتطريد؛ فقد لوحظ أن الطوائف التي تظهر بها علامات التطريد تمتنع فيها الشغالات عن بناء أقراص شمعية جديدة، وتنشغل بالقيام بمهام خروج الطرد إلي مكانه الجديد.

قشور الشمع Wax scales:

يفرز الشمع من الغدد الشمعية على شكل سائل زيتي، ينفذ على سطح مرايا الشمع، ويتصلب عندما يحدث احتكاك بينه وبين الهواء، بحيث يظهر على شكل قشور يكون لونها أبيض مائيًا واضح الشفافية. وإذا لم تستخدم القشرة مباشرة بواسطة الشغالة، فإن الغدة تقوم بإفراز كمية أخرى من الشمع، فتصبح قشرة الشمع سميكة على شكل صفيحة. غير أنه

لوحظ أن قشور الشمع لا تشبه واحدة منها الأخرى تماماً في الحجم والشكل، ويستنتج من شكل الطبقات العديدة في تركيب القشور الشمعية -كما يبدو من شكل (٤)- أن إفراز الشمع بواسطة الغدة يكون إفرازاً متقطعاً، حيث تنتج الشغالة ثماني قشور من الشمع كل ١٢ ساعة، وبناء على عدد مرات إفراز الشمع من الغدة، فإن القشرة تختلف في سماكتها من ٠,٠٦ إلى ١,٦ مم، ومتوسط وزن القشرة الرقيقة يكون حوالي ٠,٢٠٦ مليجرام، في حين أن متوسط وزن القشرة السميكة هو ١,٢٩٨ مليجرام، وبصورة تقريبية يمكن حساب أن كل ٨٠٠,٠٠٠ قشرة شمعية في المتوسط، تزن حوالي رطل شمع (٠,٤٣٦ كجم) ، وذلك طبقاً لتقديرات (Coggshall (1949 وبحساب سريع وبافتراض أن كل نحلة سوف تنتج 8 قشور في المرة الواحدة، فإن ١٠٠,٠٠٠ نحلة منتجة للشمع يمكنها إفراز رطل واحد من شمع النحل خلال ليلة واحدة.

وتقوم شغالات النحل بنقل القشور بسرعة عقب تجمدها من على المرايا الشمعية بواسطة زوج الأرجل الوسطى إلي أجزاء الفم؛ لتقوم الفكوك بمضغها وإعدادها لبناء العيون السداسية، ونتيجة لذلك قد يضاف للشمع مع اللعاب ألوان مشتقة من صبغات حبوب اللقاح، كما قد تطلى العيون السداسية التي يتم بناؤها بطبقة رقيقة من البروبوليس، مما قد يؤثر في تغير لون الشمع حديث الإنتاج من الأبيض الناصع إلى الأصفر. وقد سجل أن ١٣ ملجرامًا من الشمع (٥٠ قشرة تقريباً) تلزم لبناء عين سداسية واحدة من عيون الشغالات، في حين أن بناء العين السداسية للذكر يلزمها ٣٠ ملجرام شمع؛ أي ما يعادل ١٢٠ قشرة تقريباً.

ومن الملاحظات التي يمكن تسجيلها وجود أعداد كبيرة من قشور الشمع ساقطة على أرضية الخلية المسكنة حديثاً، بحيث إذا وضعنا ورقة بيضاء لمدة ساعة على قاعدة الخلية؛ فإنه يمكن جمع عينات من قشور الشمع حديثة الإنتاج، وإذا جمعنا تلك القشور ووضعناها في زجاجة ساعة، ثم سخنت أسفل مصباح كهربائي؛ فإنه يمكن الحصول منها على سائل عديم اللون، بينما إذا أخذت قطعة من الشمع من قرص حديث البناء (عمر يوم) لم يستخدم بعد، وصهرت بالطريقة نفسها؛ فإنها تعطي سائلًا ملونًا قليلاً مقارنة بالسائل السابق، وهذا يوضح أن النحل أثناء مطه وعمله لقشور الشمع في بناء العيون السداسية، قد يعمل على إضافة بعض الإضافات، وأن اللون الناتج قد يرجع إلى بعض فلافونيدات البروبوليس أو ليبيدات حبوب اللقاح التي لا يتم إفرازها مع الشمع نفسه.

شكل (٤): القشور الشمعية على السطح البطني لشغالة نحل العسل

الباب الثالث

بناء الأقراص الشمعية

Construction of the Combs

تعتبر عملية بناء القرص الشمعي داخل خلايا النحل من العمليات ذات الأهمية القصوى للطائفة، حيث لا تستطيع طائفة نحل العسل الاستمرار في الحياة بدون العيون السداسية التي تربي فيها الحضنة، وتخزن فيها العسل وحبوب اللقاح (شكل ٥).

شكل (٥): قرص شمعي يوضح مناطق تربية الحضنة وتخزين العسل وحبوب اللقاح

وتعطي الطائفة أولوية خاصة لهذه العملية التي تقوم بها الشغالات، بالرغم من أن إنتاج الشمع يستنفذ طاقة عالية جداً، حيث قدّرت العديد من الدراسات العلمية أن إنتاج ٦٠ جراماً فقط من الشمع قد يحتاج إلى استهلاك كيلوجرام من العسل، وقد اختلفت تلك القيمة من باحث إلي آخر بحسب طبيعة البحث، ومكان إجراء التجربة، وسلالة النحل محل الدراسة.

سلوك الشغالات أثناء بناء القرص الشمعي:

قبل أن تبدأ الشغالات في إفراز الشمع تتناول كميات كبيرة من العسل، ثم تتجمع وتتشابك بهدوء على هيئة سلاسل مدلاة من أعلى إلى أسفل، ممسكة بعضها مع بعض بأرجلها على شكل ترتيب يشبه الستارة (شكل ٦) ، وذلك في المنطقة التي تبني فيها القرص الشمعي، وفي هذه الفترة تعمل الأجهزة الهضمية والإفرازية على تحويل العسل المخزّن في معدتها إلى شمع وطاقة، ثم بعد ذلك بحوالي ٢٤ ساعة تبدأ في بناء القرص.

شكل (٦): طريقة تشابك النحل عند بناء القرص الشمعي

وتصل درجة الحرارة داخل تكتل النحل المتجمع لبناء القرص إلى حوالي ٣٦°م، حيث يصبح الشمع عند هذه الدرجة طريًا سهل التشكل.

تبدأ الشغالة عند بناء القرص الشمعي في نقل القشور الشمعية التي تظهر على السطح السفلي للحلقات البطنية، فترتكز الشغالة على أرجلها الوسطى والرجل الخلفية اليمني، بينما تزيل القشرة الشمعية بواسطة مخالف الرجل الخلفية اليسرى، وتناولها إلى الرجل الأمامية التي ترفعها إلى الفكوك العلوية، ثم تبدأ في مضغها وعجنها بعد أن تفرز عليها إفرازاً خاصاً من الغدد الفكية؛ لتسهيل عملية تشكيلها وإضافتها إلى القرص، وتستغرق عملية إزالة القشرة الشمعية الواحدة ومضغها وتثبيتها فترة تتراوح من دقيقة إلى أربع دقائق.

وتقوم أفراد النحل بالعمل بعضها مع بعض وجهاً لوجه في بناء الناحيتين للقرص الشمعي، بادئة عملية البناء من أعلى إلى أسفل، وعمودياً على قمة المسكن، كما يتضح عند وضع إطار خشبي فارغ داخل الخلية (شكل ٧).

شكل (٧):
مظهر النحل المتدلي في تشابك على البرواز أثناء بناء القرص الشمعي من الناحيتين

وتستخدم الشغالات فكوكها العلوية لعمل كؤوس نصف الكروية التي تطبع ظهراً لظهر، وعندما تكون قواعد عينين سداسيتين، قد تم وضع خطوطهما العريضة؛ فإن النحل الآخر ينضم مكوناً قواعد عيون سداسية مجاورة على جانبي الضلع الأوسط. وبينما يستمر العمل في التشكيل فإنها تتم فلطحة القوالب لتكوين أهرامات معكوسة ثلاثية الأوجه، كما تكون جدران العين أسطوانية في البداية، ثم تعدل إلى الشكل السداسي. وبينما يتم تشكيل قواعد إضافية وجدران، فإن أعداداً أكبر من الشغالات تشارك في العمل. فتتسع مساحة القرص في الاتجاه إلى أسفل وللجانبين، ويلاحظ أن معدل نمو القرص أسرع في الاتجاه إلى أسفل من نموه في الاتجاه الجانبي؛ لذلك فإن القرص يصبح نصف إهليجي في الشكل أثناء عملية مط الشمع على أساس حديث.

كما يمكن ملاحظة ذلك السلوك عند بناء طرد النحل للأقراص الشمعية في الطبيعة، حيث نجد أن الشغالات تبدأ بتثبيت بداية القرص الشمعي من أعلى، سواء أكان على فرع شجرة أم في تجويف حائط، تثبيتاً متيناً، و تكون جدر العين السداسية عند منطقة الاتصال سميكة نوعاً ما؛ حتى تتحمل ثقل القرص عند تخزين العسل فيه، ويكون الطرف السفلي سائباً تاركاً مسافة بينه وبين القاع لمرور النحل منها، ويبدأ الطرد في بناء قرص واحد أولاً، ثم بعد ذلك قرصين أو أكثر على كل جانب من القرص الأول، وموازياً له كما في شكل (٨).

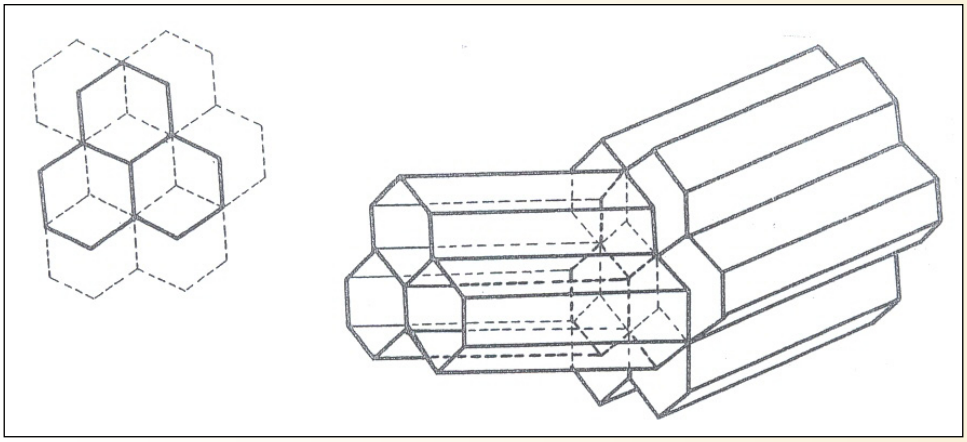
شكل (٨) طريقة بناء الطرد للأقراص الشمعية في الطبيعة

يلاحظ أن القرص الذي يتم بناؤه أولاً هو أكبر الأقراص، ومع الزيادة المضطردة لمصادر الرحيق ينمو القرص؛ ليناسب تربية الحضنة، ويفي بتخزين العسل وحبوب اللقاح.

ويلاحظ أن المسافة النحلية بين الإطارات تكون كافية لمرور نحلتين في اتجاهين مختلفين، وذلك في منطقة الحضنة، غير أن القرص في منطقة العسل قد تمتد العيون السداسية وتصبح أكثر سمكاً، وتصبح فقط كافية لطبقة واحدة من العسل. وتبلغ المسافة بين مركز القرص والقرص الآخر ١ ٣/٨ إلى ١ ١/٢ بوصة، والمسافة التي يتم تركها بين القرصين وتسمح بمرور النحل من خلالها، وتسمى المسافة النحلية، تبلغ في المتوسط ٥°/١٦ من البوصة.

هندسة بناء العيون السداسية:

تبني الشغالات العيون السداسية -كما ذكرنا سالفاً- من جهتي القرص في الوضع الأفقي المائل قليلاً إلى أعلى ، كما يتضح من الشكل (٩)، فإن قاعدة العين من أحد الجانبين تقع على قاعدة ثلاث عيون من الجانب الآخر.



شكل (٩): شكل تخطيطي يوضح تركيب العيون السداسية والوضع المائل عن الأفقي قليلاً.

وعندما تبدأ الشغالات في بناء العيون السداسية تقوم أولاً ببناء المحور الأوسط، ثم تقيم عليه عينين سداسيتين واحدة على كل جانب، وكل منهما أنبوبة ذات ستة جدر، قاعها

له ثلاثة محاور مكوناً هرماً مقلوباً، مما يجعل للعين السداسية من الداخل تسعة أوجه، وبذا تصبح العين السداسية أطول قليلاً، وأفضل من حيث التكيف لليرقة. وقد وجد أنه إذا بنيت قاعدة العين السداسية مفلطحة، فإن كمية زائدة من الشمع تقدر بـ ١/٠٫٥ يحتاج إليها في تنفيذ ذلك، بالإضافة إلى أن قوة تحمل القرص تقل. وزوايا الأوجه التسعة داخل العين السداسية عند قياسها، كانت زوايا حادة ومنفرجة للمعينات هي ٧٠°، ١١٠°، وهذه القياسات مهمة جداً عند صناعة شمع الأساس.

وبينما تبنى الأقراص عمودياً فإن العيون السداسية لا تكون متعامدة على المحور الأوسط تماماً، بل تميل إلى أعلى بزاوية تختلف من ٩-١٤ درجة. وتبني الشغالات العيون السداسية بهذا الميل (كما في شكل ٩) حتى لا تنزلق اليرقات أو العسل خارجها.

ويبني النحل نوعين من العيون السداسية في القرص، هما: عيون شغالات وهي الأكثر عدداً، وعيون ذكور التي عادةً ما تتركز في الثلث العلوي من الإطار وقد تكون موزعة أحياناً على أركان القرص، وأحياناً أخرى قد توجد في أي مكان بدون نظام. وقد توجد بعض العيون غير المنتظمة بحواف القرص عند التصاقه بجدار الإطار، كما توجد عيون أخرى بين العيون السداسية للشغالة والذكر، تسمي العيون الانتقالية transitional cells.

ويبلغ سمك جدار العين السداسية في المتوسط عند بنائه ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠٠٣ بوصة لعيون الشغالات، ومن ٠,٠٠٤ إلى ٠,٠٠٥ بوصة لعيون الذكور.

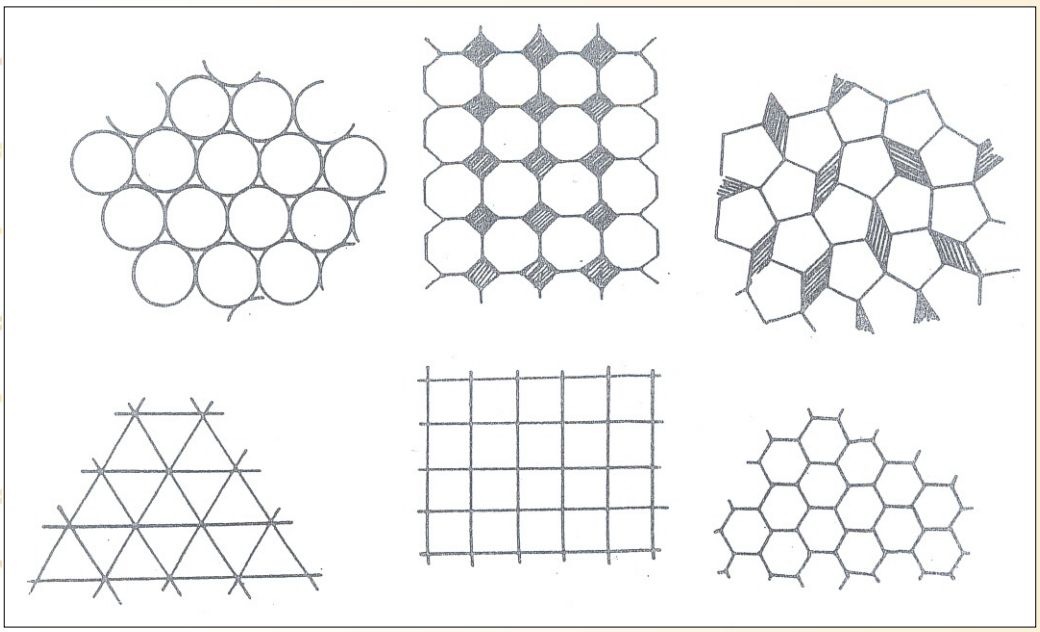
لماذا يبني النحل العيون سداسية الشكل؟

عند مقارنة الشكل السداسي الذي تبنى به العيون السداسية مع الأشكال الأخرى كالمربع والدائري وغيرها، نجد أن الأشكال السداسية تشغل أكبر فراغ ممكن في القرص، يمكن أن يستغل في أقل مساحة، بحيث إن عدد العيون السداسية في مساحة معينة يفوق عددها من الأشكال الأخرى كالمربع والمثمن في المساحة نفسها، ولا توجد بينها مسافات بينية؛ ولذا فإن اختيار النحل الشكل السداسي لبناء العيون، يعطيه الفرصة لاستخدام أقل كمية شمع ممكنة مقارنةً بالأشكال الأخرى، حيث سجل Pirk et al. (2004) أن الشغالات تستخدم فقط جرامًا واجدًا من الشمع

لبناء مساحة ٢٠ سم٢ من العيون السداسية، كما أن الشكل السداسي يعتبر أقرب الأشكال للدائرة التي تناسب وشكل اليرقات التي ستربي داخلها. كما أن الشكل السداسي يمتاز بقوة التدعيم وجمال الشكل، لاحظ ذلك في شكل (١٠). وقد سجل(199) Petersen أن النحل أختار أفضل شكل ممكن لبناء العيون في القرص الشمعي.

وتبني الشغالات عدة مقاسات من العيون السداسية، حيث يتوقف ذلك على طبيعة استخدام العيون على النحو الآتي:

أ- عيون سداسية ضيقة خاصة بتربية حضنة الشغالات أو تخزين خبز النحل، ويصل عددها إلى خمس عيون في البوصة الطولية أو حوالي ٢٥-٢٧ عينًا في البوصة المربعة، وغالباً ما تبنى في ثلثي الإطار من أسفل، ويتراوح قطر العين فيها من ٥,١-٥,٥ مم.



شكل (١٠): يوضح سبب اختيار النحلة للشكل السداسي في عمل العيون ؛لأنّ الشكل السداسي هو أقرب الأشكال إلى الدائرة، ولا يوجد بين العيون مسافات بينية، كما أن عدد العيون في مساحة معينة يفوق الأشكال الأخرى، إضافة إلى أن الشكل السداسي يمتاز بقوة التدعيم وجمال الشكل (Von Frisch, 1967).

ب- عيون سداسية واسعة خاصة بتربية حضنة الذكور أو تخزين العسل، وهي أكبر قليلاً من المستخدمة في تربية حضنة الشغالات، ويزيد عددها عن أربع عيون في البوصة الطولية، وتبلغ حوالي ١٦/١٧ عينًا في البوصة المربعة، وعادة ما تكون في الثلث العلوي من الإطار، ويتراوح قطر العين فيها من ٦,٢ إلى ٦,٩ مم.

ج- عيون انتقالية وهي عيون وسط في الاتساع بين عيون الشغالات وعيون الذكور، وتوجد في المنطقة الفاصلة بين النوعين.

الاختلافات في حجم العين السداسية لأنواع نحل العسل:

كما تختلف سلالات نحل العسل كثيراً في أحجامها، فإنها كذلك تختلف في أحجام العيون السداسية للأقراص التي تبنيها. وإن عدد العيون السداسية في وحدة المساحة للقرص أو للأساس الشمعي، قد تم تحديدها بناء على عدد العيون السداسية لكل بوصة مربعة من كلا الجانبين. وقد وجد أن القرص الطبيعي للنحل الأوربي يحتوي على ٧٦٤ إلى ٩٤٠ عينًا سداسية في الديسيمتر المربع؛ أي بمتوسط قدره ٨٥٧ عينًا (أي ٥٥,٣ عينًا في البوصة المربعة من الجهتين). نجد أن سلالة النحل الأفريقي أصغر ١٠٪ عن الأوروبي، ومن ثمّ فإن عيونه أصغر. ويبين ذلك الجدول التالي:

جدول (٢): عدد العيون السداسية في وحدة المساحة لعدد من أنواع وسلالات نحل العسل.

نوع النحل	عدد العيون السداسية في الديسيمتر المربع	عدد العيون السداسية في البوصة المربعة
النحل الأوربي (قوقازي – كرنيولي- إيطالي) European (*A. mellifera*)	٨٥٧	٥٥,٣
النحل الأفريقي Africanized bees	١٠٠٠	٦٤,٤
نحل العسل البري الكبير *A. dorsata*	٧٨٧	٥٠,٨
نحل العسل الهندي *A. cerana*	١٢٤٣	٨٠
نحل العسل البري الصغير *A. florae*	٢٦٥٤	١٧٠
النحل المصري *A.m. lamarkii*	--	٥٧,٥
النحل اليمني *A.m. jemnatica*	--	٦٤

يجب أخذ الحذر عند الحديث عن عدد العيون السداسية في وحدة المساحة، حيث إن قياساتها يجب أن تتم بناءً على ما هو موجود في القرص الطبيعي، وليس على ما هو موجود في شمع الأساس المقدم لها.

وقد أوضح كل من Krivtsov and Lebedev (1995) في دراسة لهما التغيرات التي يمكن أن تحدث على الأقراص الشمعية، من حيث اللون وحجم العين السداسية وسمك الجدار والتغير في وزن الأفراد الناتجة مع زيادة عدد الأجيال المرباة في العيون السداسية التي نجدها مسجلة في الجدول رقم (٣).

جدول (٣): التغيرات التي يمكن أن تحدث في الأقراص الشمعية خلال فترة استخدامها لتربية الحضنة داخل الخلايا (Krivtsov and Lebedev, 1995).

عدد أجيال الحضنة	لون القرص	حجم العين (سم3)	سمك جدار العين (مم)	قطر العين (مم)	وزن الشغالة الناتجة ملجرام	% الشمع النقي عند استخلاص الإطارات
١-٠	أصفر	٠,٢٨٢	٠,٢٢	٥,٤٢	١٢٣	٨٦-١٠٠٪
٥-٢	بني	٠,٢٦٩	٠,٤٠	٥,٢٦	١٢٠	٦٠٪
١٠-٦	بني داكن	٠,٢٥٥	٠,٧٣	٥,٢٤	١١٨	٤٩٪
١٥-١٣	أسود	٠,٢٤٩	١,٠٨	٥,٢١	١٠٦	٤٦٪

ونتيجة استخدام القرص الشمعي لفترات طويلة تظهر بعض السلبيات التي تؤثر في نوعية النحل الناتج، وكذلك لون العسل المستخلص منها ومواصفاته ، حيث إن العسل الذي يتم تخزينه في أقراص شمعية قديمة غامقة اللون تنتج عسلًا أغمق قليلاً من العسل الذي تم تخزينه في قرص فاتح اللون لم يستخدم من قبل في تربية الحضنة؛ ولذا يعمد بعض النحالين الذين يرغبون في إنتاج عسل فاتح اللون إلى عدم استخدام أقراص سبق استخدامها لفترات طويلة في تربية الحضنة لتخزين العسل بالعاسلات، ويلاحظ أن الشرانق والبروبوليس والمواد الأخرى التي تتراكم داخل العيون التي سبق استخدامها في تربية الحضنة هي المسببة لدكانة اللون في العسل وليس شمع النحل.

يمكن توضيح ذلك بتجربة بسيطة، وهي وضع قطعة من قرص قديم غامق في إناء زجاجي، ثم يُصب ماء عليها، وتترك لمدة ٣٠ : ٤٥ دقيقة، حينئذ يلاحظ أن الماء أصبح لونه داكنًا نسبياً.

وقد درس Townsend (1974) هذا الموضوع الذي استخدم في اختباره طاولة التدريج للعسل ذي اللون الكهرماني الفاتح (Pfund grade 40)، حيث قام بتجهيز قطع صغيرة من قرص قديم وأخرى من قرص جديد، وقام بغمسها في عسل، وذلك في أوقات مختلفة، وعلى درجات حرارة مختلفة أيضاً. فوجد أن العسل المخفف قد التقط مادة التلوين من القرص القديم بسرعة، وأن العسل الناضج التقط اللون بصورة قليلة نسبياً. حيث استنتج أن مواد اللون يمكن التقاطها بواسطة الرحيق (العسل غير الناضج) عند وضعه في العيون السداسية وقبل تحويله إلى عسل ناضج.

كما أن العسل الناتج من إطارات استخدمت في تربية الحضنة وتخزين العسل، تجعل العسل المنتج منها في العام التالي قابلًا لحدوث التحبب فيه نتيجة تخزينها مع بعض العسل المحبب من العام السابق، وهذا يجعل عمليات التشتية أكثر صعوبة (Kpivtsov and Lebedev, 1995). كما أن احتواء الإطارات القديمة على كميات أقل من الشمع وكمية أكبر من المواد البروتينية (حبوب اللقاح – وجلود الانسلاخ) يجعلها أكثر عرضة للإصابة بديدان الشمع، كما يمكن اعتبارها مصدراً للعدوى ونقل الأمراض.

سلوك النحل في إغلاق العيون السداسية:

يغطي النحل العيون السداسية التي تحتوي اليرقات كبيرة السن (عمر ٥ – ٥ ١/٢ أيام) بطبقة من مخلوط من الشمع وحبوب اللقاح، بحيث تكون شبه مسامية، وتصبح اليرقة قادرة على تنفس الأوكسجين جزئياً من خلال الغطاء، الذي يكون بمثابة حفظ لليرقات والعذراء من سقوط أي بقايا من النحل أثناء حركته على الإطارات إلى داخل العين السداسية، حيث تقوم اليرقات بغزل الشرانق والتحول إلى عذراء ثم حشرة كاملة داخل العيون المغلقة.

وأغطية الحضنة تتابع في اكتمالها ببطء، وذلك بحسب جهد النحل الذي يستخدم فيه القطع الشمعية من العيون القريبة ومن أغطية الحضنة القديمة، كما أن النحل الخارج حديثاً

من العيون السداسية يأكل كمية قليلة جداً من أغطية الحضنة. وفي الأقراص القديمة تكون أغطية الحضنة أغمق من تلك الموجودة على الأقراص الجديدة. وذلك دليل على استخدام مواد جديدة عند تغطية حضنة القرص الجديد. وهذا اللون الخفيف يكون ملحوظًا جداً عندما يبني الطرد أقراصًا جديدة، ويربي فيها أول دورة للحضنة.

غير أن النحل يغطي العيون السداسية المشغولة بالعسل بطبقة رقيقة من الشمع المفرز حديثاً، عند تحول الرحيق المخزن بها إلى عسل ناضج؛ إذ إن العسل من المواد التي لها قابلية سريعة لامتصاص الرطوبة من الوسط المحيط، ويعتمد ذلك على درجة الرطوبة النسبية داخل الخلية، وغطاء عيون العسل في هذه الحالة يكون من الشمع الصافي بنسبة ١٠٠٪ . ويختلف سلوك النحل في تغطية مساحات من العسل الناضج تبعاً لنوع السلالة؛ فنجد أن سلالة النحل الكرنيولي تترك مسافة قليلة بين مستوى العسل في العيون السداسية والغطاء الشمعي، فيظهر لون الأقراص ناصع البياض؛ ولذا تعتبر تلك السلالة مناسبة لإنتاج القطاعات العسلية نظراً إلى بياض لون الشمع وإعطاء القطاعات منظراً جذاباً. في حين أن السلالة الإيطالية عند تغطيتها لعيون العسل الناضج؛ فإنها تترك مسافة بين العسل والأغطية الشمعية، مما يجعل منظر الأقراص مائيًا غير جذاب للمستهلك؛ ولذا يفضل عدم استخدام تلك السلالة لإنتاج القطاعات العسلية.

بناء الأقراص الملتحمة:

عندما يقوم النحل ببناء الأقراص الشمعية في الطبيعة في الخلايا البلدية أو داخل تجويف الأشجار أو في فجوات المباني؛ فإنه يترك ممرات محيطة على حواف الأقراص يستخدمها النحل في المرور، وهي تتنقل من قرص إلى آخر. ونادراً ما يبني النحل داخل الخلية قرصاً يصل بين قرصين، حيث يحترم حين بنائه للشمع ما يسمي المسافة النحلية (شكل 11). غير أن بعض النحالين قد لا يهتم عند صنع الخلايا الخشبية بأبعاد المسافة النحلية، أو قد لا تكون مقاساتهم دقيقة بشكل كافٍ، مما ينتج عنه أن بعض أجزاء القرص الشمعي تصل بين حواف الأقراص وتسمى الأقراص الملتحمة. وإذا وجدت تلك الأقراص، فإنها تعني أن النحال لم يكن مهتمًا بمقاييس أجزاء الخلية عند إعدادها، ومن ثمّ فإن التحام الأقراص

يكون مزعجاً للنحل، ويجب على النحال عند ذلك تصحيح الخطأ، ولكن لا تقوم شغالات النحل ببناء ممر عرضي عبر الأقراص، وحتى إذا أحدث النحال -بشكل عرضي- فجوة بالقرص أو قطع شمع الأساس، فإن النحل يقوم بإصلاحه وإغلاق الفجوة.

شكل (١١): بناء الأقراص الشمعية بناءً طبيعيًا داخل الخلايا البلدية مع ترك ممرات لسير النحل على الجوانب وفي الأسفل.

الباب الرابع

الصفات الطبيعية والخصائص الكيميائية لشمع النحل

Physical and Chemical Properties of Bees Wax

مقدمة

تفرز شغالات نحل العسل الشمع عندما تبلغ من العمر ١٢-١٨ يوماً، ويُفرز الشمع من غدد خاصة تقع على الحلقات البطنية، حيث يتم تخليقه من المواد السكرية. وتنتج مختلف سلالات نحل العسل الشمع الذي يكون له التركيب نفسه تقريباً، وإن اختلفت بعض المكونات في نسبها المئوية (Brand-Gamys and Sprenger, 1988; Beverely *et al.*, 1995). غير أن الأنواع الآسيوية مثل النحل الصغير والنحل العملاق والنحل الهندي *Apis florae, Apis dorsata, Apis cerana* ، تنتج نوعاً من الشمع يطلق عليه لفظ Ghedda، وقد سجل أن هذا النوع من الشمع يكون أكثر بساطة في التركيب من شمع النحل العادي، كما وجد أنه يحتوي على عدد من المركبات أقل وبنسب مئوية مختلفة (Krell, 1996) ، غير أن هذه الأنواع من الشموع المنتجة من الأنواع الآسيوية يشابه كل منها الآخر بشكل كبير مع اختلافها نسبياً عن الشمع المنتج من نحل العسل الغربي *Apis mellifera* (Tulloch, 1980). وعليه فلا يمكن استخدام الشمع الناتج من أنواع النحل الآسيوية (Ghedda) كبديل لشمع النحل الغربي؛ إذ إنه أكثر نعومة وأكثر بلاستيكية، وإن كان لا يختلف بشكل معنوي عن شمع النحل الغربي في نقطة الانصهار (Worth, 1956).

سنستعرض بالتفصيل الصفات الطبيعية والكيميائية الخاصة بالشمع الناتج من نحل العسل الغربي كأحد المنتجات المهمة لطائفة النحل ، التي تعتبر ذات قيمة اقتصادية عالية.

أولاً: الصفات الطبيعية لشمع النحل:

هناك عدد من الصفات الطبيعية التي تميز شمع نحل العسل عما سواه من الشموع النباتية والصناعية التي تسمح لشغالات الطائفة باستخدامه بكفاءة داخل الخلية، ويستخدم كذلك شمع النحل في كثير من الصناعات والحرف المختلفة.

ويتميز شمع النحل بالعديد من الخصائص الحسية والطبيعية (جدول ٤)، التي منها:

١ - الصلابة والليونة والانصهار Stiffness, plasticity meeting point

درجة صلابة الشمع تعتبر عاملًا مهمًا لتقييم جودة الشمع الخام، وشمع النحل مادة

جامدة لها درجة ليونة عالية على درجات الحرارة المتوسطة (٣٢°م) ، في مقابل أن معظم الشموع النباتية تكون أكثر صلابة على الدرجة نفسها. وتتغير خصائص الصلابة والليونه لشمع النحل مع تغيير درجة الحرارة على النحو الآتي:

- ١٥,٥°م - يكون هشًا وسهل الكسر.
- ٣٠-٣٥°م - يكون طريًا ومرنًا.
- ٤٦-٤٧°م - يبدأ الشكل المحدد للشمع في التغير.
- ٤٨-٤٩°م - يتحول إلى عجينة.
- ٦٠-٧٠°م - ينصهر ويتحول إلى سائل.
- ٩٥-١٠٥°م - يحدث فوران وظهور فقاعات على السطح.
- ١٢٠-١٤٠°م - يحدث تحلل وتكربن وتتبخر الأجزاء الطياره.

وتعتبر درجة انصهار الشمع (٦٢-٦٥°م) هي اختبار سريع لمدى نقاء الشمع أو خلطه بأنواع أخرى من الشموع الصناعية أو المعدنية فقد وجد أن غش الشمع النقي بشمع البرافين يخفض نقطة الانصهار ويضعفة كمادة، وقد وجد أن كيلو الشمع من الأقراص يستطيع أن يحمل ٢٢ كيلوًا من العسل وحبوب اللقاح والحضنة، ولذا فإن غش شمع الأساس بالبرافين يسبب مشاكل لكل من النحال وطائفة النحل، وتسخين الشمع على درجة حرارة أعلى من ١٢٠°م لمدة ٣٠ دقيقة يزيل منه كل الماء المتبقي فيه، مما يسبب صلابته عقب تبريده. كما ينكمش حجم الشمع المنصهر بمقدار ١٠٪ عند تبريده على درجة ٢٥°م.

وتتوقف خاصية الليونة في الشمع على نوع الأسترات والأسترات المشتقة وتزاد الصلابة والمرونة مع تخزين الشمع لفترة طويلة من ٣-٤ أشهر، كما يسبب التخزين زيادة تحبب الشمع.

٢ - الذوبان Dissolvation :

يعتبر شمع النحل من المواد غير القابلة للذوبان في الماء، كما أنه مقاوم للعديد من الأحماض، ولكنه يذوب في معظم المذيبات العضوية، مثل: الأسيتون، والأثيروالبنزين، والزيلول، والتلوين، والكلورفورم، والتراي كلورو إثيلين، غير أنه لا يذوب كلياً على درجة حرارة الغرفة في أي من المذيبات السابقة، لكنه يذوب كلياً مع التسخين على درجة حرارة أعلى من درجة حرارة

انصهاره، وأيضاً يذوب في كحول الأيثانول الساخن، وتذوب قشور الشمع حديثة الإفراز في التربتين، وتقل درجة ذوبانها كلما قدمت. ولشمع النحل قابلية الامتزاج بالدهون والزيوت والشموع الأخرى. وعند ذوبان شمع النحل في المذيبات العضوية، يتم الحصول على نوعين من الأشكال المتبلورة.

- بلورات طويلة إسطوانية إبرية وأحياناً شعاعية.
- بلورات صغيرة جداً مغزلية الشكل.

٣- اللون Colour :

شمع النحل النقي غالباً ما يكون عديم اللون عند إفرازه من الغدد الشمعية للشغالة على شكل سائل، الذي عند تصلبه يأخذ اللون الأبيض الشفاف، غير أنه في بعض الأحيان قد يأخذ اللون الأصفر، وقد يتحول إلى اللون البرتقالي بسبب بعض الصبغات الموجودة في حبوب اللقاح أو بعض مكونات البروبوليس التي يتلون بها طبيعياً عند معالجة الشغالات له (Googshall and Morse, 1984).

وقد يرتبط لون الشمع بنوع النبات السائد وقت إنتاج الشمع، فمثلاً النحل الذي يتغذى على أزهار الأكاسيا ينتج شمعاً ذا لون أبيض، بينما في وجود دوار الشمس ينتج شمعاً ذا لون أصفر، وهكذا يتغير لون الشمع تبعاً للأنواع النباتية السائدة.

ويتحول لون الشمع بعد استخدامه في الخلايا تدريجياً إلى اللون البني ثم البني المحمر ثم الأسود، بسبب مخلفات اليرقات وجلود الانسلاخ لليرقات والعذارى، وقد يتحول لون الشمع إلى اللون الأزرق عند تلوثه ببعض المواد المعدنية، ويلاحظ أن شمع البرافين الذي يكثر غش شمع النحل به ذا لون أبيض منفِّذ للضوء لكنه غير شفاف.

٤- الرائحة Odour :

غالباً ما يكون شمع النحل النقي عديم الرائحة، غير أن رائحته تختلف نسبياً تبعاً لاختلاف مصادره، وغالباً ما تميل رائحته إلى الرائحة الزهرية التي تميل إلى روائح منتجات الطائفة من العسل وحبوب اللقاح والبروبوليس. ولكن هذه الصفة تختلف باختلاف حاسة الشم من فرد إلى آخر، وتستخدم بواسطة بعض المشترين للشمع كدليل للجودة. وقد وجد أن

رائحة الشمع المميزة ترجع إلى وجود العديد من المكونات الطيارة التي قد تصل إلى ٤٨ مكونًا.

٥ – الملمس ومكان الكسر:

ملمس شمع النحل دهني ناعم أملس، غير أنه عند فحصه تحت قوة التكبير الصغرى للميكروسكوب يبدو ذا سطح غير منتظم. وشمع النحل النقي يكون هشًا قابلًا للكسر إذا خزن على درجة حرارة منخفضة، ويكون مكان الكسر حبيبيًا غير بلوري، ولكن على درجات الحرارة المتوسطة(٣٢°م) ، يمكن عجنه بالأصابع ولا يلتصق بها.

٦ – الطعم :

لشمع النحل طعم طبيعي ذو مذاق خاص فمذاق الشمع الطبيعي طيب، وأي تغير في نوعيته يعطي إشارة إلى وجود مواد غريبة.

٧- المضغ:

عندما يمضغ شمع النحل الطبيعي لا يلتصق بالأسنان، وعندما يضغط بين الأصابع يكون أكثر نعومة، ولكنه غير لزج للأصابع. وعندما يتم خلط شمع النحل بالبرافين فإنه يصبح أكثر شفافية، ويكون مائلاً قليلاً للملمس الدهني.

جدول (٤): الخصائص الحسية لشمع النحل (Bogdanove, 2009).

الخاصية	التوضيح
اللون Colour	أبيض – أصفر – أصفر يميل للبني – بني أسود.
الرائحة Odour	الشمع المسخن له رائحة قوية تشبه رائحة العسل.
اختبار المضغ Chewing test	عند المضغ لا يلتصق بالأسنان – غير لزج.
اختبار الكسر Breakage test	عند الكسر يكون له تركيب حبيبي دقيق غير حاد.
اختبار القطع Cutting test	ليس له خاصية الالتصاق بالسكين.
اختبار الوخز Splinter test	وخز الشمع بإبرة أو سكين يأخذ شكلًا حلزونيًا.
اختبار العجن Kneading test	عند عمل عجن للشمع لمدة عشر دقائق يصبح ليناً.
القوام Consistency	يجب ألا يكون لزجاً عند القطع.

ثانياً : الخصائص الكيميائية لشمع النحل:

شمع النحل مكون معقد، يضم أكثر من ٣٠٠ مادة مختلفة، وقد عرفه Coggshall (1949) بأنه خليط من أسترات وأحماض دهنية، وكحولات طويلة السلسلة، وهيدروكربونات ذات وزن جزيئي عالٍ ومن الأسترات التي تكثر به أسترات كحول الميراسيل مع أحماض البالمتك والسيروتك وأسترات أحماض أخرى. كما أوضح أيضاً Tolloch (1980) أنه يتكون بشكل أساسي من أسترات لأحماض دهنية وكحولات، إضافة إلى كميات صغيرة من الهيدروكربونات والأحماض وبعض المواد الأخرى ، إضافة إلى تصنيف حوإلى ٥٠ مكونًا عطريًا غير التركيب الكيميائي لعينات شمع النحل الذي يختلف من عينة إلى أخرى. وقد أصبحت كيمياء شمع النحل تحت التدقيق مع تطور وسائل التحليل، وخاصة استخدام أجهزة الكروماتوجرافي الغازي.

وقد ثبت أن شمع النحل من المواد الثابتة على درجة الحرارة العادية، ويظل ثابتاً لفترة طويله؛ فهو مقاوم للأكسدة الطبيعية، ومقاوم لعمليات التحليل المائي Hydrolysis، وقد وجد أن العينات المحفوظة منه منذ آلاف السنين لم يظهر عليها إلا تغيرات قليلة.

الجدول رقم (٥) يوضح بشكل إجمالي النسب المئوية للمكونات الصغرى والكبرى في شمع النحل، حيث إن المكونات الكبرى هي التي تشكل أكثر من ١٪ من الجزء، أما المكونات الصغرى فهي التي تكون أقل من ١٪ من الجزء، وقد سجل في الجدول العديد من المكونات التي ذكرت على أنها مكونات كبرى، في حين أنها لا توجد بكميات كبيرة في الجزء. فإن كان الجزء نفسه مكونًا صغيرًا في شمع النحل، فإنه من المفيد أن تؤخذ في الاعتبار المكونات التي تشكل ١٪ من شمع النحل نفسه.

جدول (٥): مكونات شمع النحل (Tulloch, 1980).

المكون	النسبة المئوية (%)	عدد المركبات في المكون	
		الكبري	الصغرى
الأسترات الأحادية	٣٥	١٠	١٠
الأسترات الثنائية	١٤	٦	٢٤
الأسترات الثلاثية	٣	٥	٢٠
هيدروكس الأسترات الأحادية	٤	٦	٢٠
هيدروكسي الأسترات المتعددة	٨	٥	٢
أسترات الأحماض	١	٧	٢٠
أسترات المتعدد للأحماض	٢	٥	٢٠
الهيدروكربونات	١٤	١٠	٦٦
الأحماض الدهنية الحرة	١٢	8	١٠
الكحولات	١	٥	
أخرى (بروبوليس وصبغات نباتية)	٦	٧	
المجموع	١٠٠	٧٤	٢١٠

والجدول (٥) أيضاً، يوضح أن المكونات التي تشكل أكثر من ١٪ من شمع النحل نفسه وهي كالتالي :

١- ثلاثة هيدروكربونات مشبعة: C_{31} (1%), C_{29} (2%), C_{27} (4%).

٢- اثنان من هيدروكربونات غير مشبعة: $C_{33:1}$ (2.5%), $C_{31:1}$ (1%).

٣- خمسة أسترات أحادية مشبعة (ونسبتهما معاً ٣٪):

C_{48} (6%), C_{46} (8%), C_{44}, C_{42}, C_{40} (6%).

٤- اثنان من أسترات أحادية غير مشبعة : $C_{48:1}$ (2%), $C_{46:1}$ (2%).

٥- خمسة أسترات ثنائية:

ثلاثة منها مجموعها يشكل 3% وهي C_{60}, C_{58}, C_{56}

الرابع C_{26} يشكل 2% والخامس هو C_{64} يشكل ١٪.

٦- أستر واحد هيدروكسي: C_{46} يشكل ١٪.

٧- ثلاثة أحماض حرة: الأول C_{24} يشكل 6%،والآخران C_{28}, C_{26} يشكلان معاً ١٪.

فرمونات شمع النحل Bees wax pheromones

تقوم شغالات نحل العسل بتخليق عديد من المركبات الأكسيجينية، التي يمكن اكتشافها بسهولة في قرص الشمع الذي أنتجته الشغالات الحاضنة. ومن هذه المركبات:

Octanal و nonanal و decanal والـ furfural و benzaldehyde و 1-decanol

ويبدو أن هذه المركبات هي المسؤولة عن صفات الرائحة لقرص الشمع الذي تم تجهيزه حديثاً. (Blum et al., 1988) ، وتنبه هذه الروائح الطيارة المنبعثة من القرص الفارغ سلوك تخزين الغذاء في الشغالات السارحة. وبالرغم من أن روائح شمع النحل الطيارة هذه تؤثر في سلوك تخزين الغذاء بالزيادة أو النقصان، فإن دورها بالضبط لم يتم تحديده.

ظاهرة التزهير في شمع النحل (Bloom)

غالباً ما تأخذ الأساسات الشمعية وكذلك شموع الإضاءة مظهراً أبيضيًا ، أو تكون مغطاة بماده بيضاء يكون لها مظهر البخار المتجمد. وهذه البلورات البيضاء المتكونة على سطح الشمع تسمى الـ Bloom . وكما هو معلوم أن شمع النحل مادة معقدة التركيب تحتوي على أكثر من ٣٠٠ مكون، فنجد أن واحداً أو أكثر من تلك المكونات يهاجر إلى سطح الأساس الشمعي أو الشموع أو بلوكات الشمع المخزنة، حيث يظهر على السطح معطياً مظهراً متربا. وقد وجد أن تلك المكونات تنصهر عند درجة 39° م، وهذه الدرجة تقل كثيراً عن درجة انصهار الشمع نفسه. وتظهر عملية التزهير على الشمع ببطء عند التخزين الذي قد يأخذ عدة أشهر، خاصة في شمع البلوكات أو القوالب. ووجود التزهير على الأساسات لا يسبب أي مشاكل عند أستخدامها داخل الخلية، حيث يقوم النحل بمضغه وخلطه مرة أخرى مع باقي الإطار، وقد تعطي عملية التزهير مظهراً جذاباً للشموع، يروق بعض مستخدميها، ولكن من السهل إزالة التزهير من على شموع الإضاءة بمسحها بقطعة من القماش.

ملوثات الشمع Contaminates of wax

يلوث شمع النحل ببعض الملوثات القابلة للذوبان في الدهون، مثل العديد من مبيدات الآفات التي تستخدم عملياً في الحقول أو تستخدم في مقاومة الآفات والأمراض داخل خلايا النحل، وقد أمكن تقدير بعض آثار متبقيات المبيدات في شمع النحل المستخلص من الخلايا،

حيث ثبت أن شمع النحل يلوث بشكل أساس من عدة مصادر مثل:

١- المبيدات الأكاروسية القابلة للذوبان في الدهون التي تستخدم في مجال مكافحة طفيل الفاروا في طوائف النحل. وقد سجل أن مستوى التلوث ببقايا المبيدات الأكاروسية يتراوح مداه ما بين ٠,٥ – ١٠ ملجرام/كجم في الشمع التجاري (Wallner, 1999; Schroeder and Wallner, 2003).

٢- نتيجة استخدام بعض المركبات القابلة للذوبان في الدهون، مثل مادة Para dichlorobenzene لمقاومة دودة الشمع، يؤدي إلى تلوث شمع الإطارات أيضاً بتلك المكونات (Wallner, 1992; Bogdanove et al., 2004).

٣- احتواء الشمع على جراثيم بكتريا *Penibancillus larvae* المسببة لمرض تعفن الحضنة، وهي تعتبر أحد المعايير المحددة لإعادة استخدام شمع النحل في الخلايا. سجل (Ritter, 2003) أيضاً أن التلوث العالي فقط بالجراثيم المسببة لعفن الحضنة الأمريكية (AFB) ، هو الذي يسبب الإصابة، وأن التلوث العادي للشمع بهذه الجراثيم غالباً لا يسبب الإصابة بالمرض.

وفي الحقيقة أنه يمكن تسخين الشمع الخام الملوث بالمسبب المرضي على درجة ١٤٠°م لمدة ٣٠ دقيقة لتحطيم جراثيم البكتريا (Machova, 1993). غير أن تسخين الشمع على تلك الدرجة العالية يسبب تغيرات غير مرغوبة في تركيبه و خواصه، غير أن تسخين الشمع تحت ضغط مع خلطه بالماء في حلة ضغط، هو إحدى المحاولات لتعقيم الشمع، ولكن على نطاق إنتاج ضيق.

ويمكن الإقلال من تلوث شمع النحل المنتج من طوائف نحل العسل بما سبق، حيث إنه من الصعوبة بمكان تنقية شمع النحل من المبيدات الأكاروسية، لأنها مركبات مختلفة، وأن أفضل إستراتيجية تستخدم لتحسين نوعية الشمع، تكون باستخدام أحماض طبيعية عضوية غير سامة لمقاومة طفيل الفاروا (Imdorf et al., 1996) ، كما يمكن استخدام وسائل بديلة لمقاومة ديدان الشمع بدلاً من Para-dichlorobenzen and naphthaline.

ويجب أخذ كثير من الحيطة عند استخدام شمع النحل في تصنيع منتجات التجميل أو الاستخدامات الصيدلانية ، حيث يجب أن يكون الشمع المستخدم خالياً من التلوث بأي من تلك الملوثات، وأن يكون محتويا على الحد الأدني منها.

الخواص العامة لتقييم جودة شمع النحل:

توجد مجموعة من الخواص التي يمكن عن طريقها تقييم جودة شمع النحل (جدول ٦).

١ – الرقم الحمضي Acid number

وهو يحدد كمية الأحماض الدهنية الحرة الموجودة في الشمع، ويعبر عنه بعدد مليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة الأحماض في ١ جم من الشمع، ومتوسطه ١٨,٧ بمدى يتراوح بين ١٧-٢١.

٢ – رقم الأستر Ester number

وهو يحدد كمية المركبات الأسترية المعقدة في الشمع، ويعبر عنه بعدد مليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة المركبات الأثيية المعقدة الموجودة في ١ جم من الشمع، ومتوسط رقم الأستر ٧٢,٧ بمدى يتراوح بين ٧١-٧٨.

٣- معدل الأستر للحامض Ratio number

هو المعدل الناتج من قسمة رقم الأستر على الرقم الحمضي بمتوسط ٣,٩، ويكون مداه في الغالب بين ٣,٦ إلى ٤,٣ ، وفائدته أنه يكشف عن درجة نقاوة الشمع، فعند اختلاط شمع النحل بشمع معدني؛ فإن الرقم الحمضي ورقم الأستر ينخفضان بدرجة واضحة.

٤ – رقم التصبن Saponification number

يتصبن شمع النحل مع القلويات لكنه لا يذوب بها . ورقم التصبن هو ناتج جمع الرقم الحمضي على رقم الأستر.

٥ – الرقم اليودي Iodine number

وهو يحدد كمية الأحماض الدهنية غير المشبعة، ويعبر عنه بعدد مليجرامات اليود اللازمة لمعادلتها١٤ جرامًا من الشمع.

الجدول رقم (٦) يوضح المدى الخاص بالمواصفات السابقة، مع ملاحظة أن هذه الأرقام قد تختلف من عينة إلى أخرى.

اختبارات الجودة لشمع النحل Quality control of bees wax

يعتبر شمع النحل النقي منتجًا طبيعيًا غير مصرح بإضافة أي مكونات أخرى له. وتحتاج اختبارات تقدير الجودة لشمع النحل معرفة تامة وخبرة في مجال التخصص، ويعتبر معمل تحليل الشمع في مدينة برمن بألمانيا (Ceralyse laboratory) هو الأفضل على مستوى العالم، والمتخصص على مستوى عالٍ في تقدير جودة شمع النحل.

ترجع أهمية شمع النحل الكبيرة إلى أن أحد المواد الخاصة بالفارماكوبيا في مختلف البلدان، ويُذكر نوعان من الشمع: شمع النحل الأبيض، وشمع النحل الأصفر. والشمع الأبيض ما هو إلا شمع أصفر أجري له عملية تبييض، يفقد خلالها المواد الملونة للشمع الطبيعي، ولا تكون له الرائحة المميزة.

قياس جودة شمع النحل تنقسم إلى ٤ مراحل:

١- مرحلة التحليل الحسي.
٢- مرحلة اختبار الصفات الفيزيائية والكيميائية.
٣- مرحلة التحليل الكروماتوجرافي لمركبات الشمع الرئيسة.
٤- مرحلة تقدير الشوائب.

وقد تم الحديث عن الاختبارات الحسية عند توضيح الصفات الطبيعية للشمع سابقاً في الجدول رقم (٥). كما تجري الاختبارات الفيزيائية والكيميائية بناء على الفارماكوبيا، ويوجد عدد من الفارماكوبيا الدولية، غير أن الاختلافات بينها تعتبر اختلافات بسيطة. ويعتمد تقييم جودة شمع النحل بشكل رئيس على الفارماكوبيا الأوربية والأمريكية. والجدول رقم (٦) يوضح مقاييس الجودة بشمع النحل تبعاً لما ذكره (Bogdanov, 2009) ، وكما أقرتها اللجنة الدولية للعسل.

جدول (٦): مقاييس الجودة لاختبارات شمع النحل (Bogdanov, 2009).

الصفة	القيمة	ملاحظات
المحتوى المائي Water content	١٪>	
معامل الانكسار Refractive index, 750 C	١,٤٤٥١-١,٤٣٩٨	
نقطة الانصهار Melting point	٦١-٦٥	
الرقم الحمضي Acid number	١٧-٢٢	يقدر كحامض استياريك
رقم الأستر Ester number	٧٠-٩٠	
معامل الأستر/الحامض Ester/acid ratio	٣,٣ – ٤,٣	
رقم التصبن Sapnonification number	٨٧-١٠٢	
الرقم اليودي Iodine number	٤-١٢	
الشوائب Mechanical impurities additives	لا توجد	
Glycerols; polyols, fatty acid, fats	لا توجد	
هيدروكربونات ❋Hydrocarbons	حد أقصى ١٤,٥٪	

❋ شمع النحل الناتج في أفريقيا، وكذلك الناتج من النحل المؤفرق الحد الأقصى له ١٣,٨٪.

ويقسم شمع النحل بشكل عام إلى شمع أوروبي يكون معامل الأستر/الحامض فيه منخفضاً، يتراوح ما بين ٣,٣ إلى ٤,٣ ، وشمع آسيوي يكون معامل الأستر/الحامض فيه مرتفعاً ٨-٩ ، غير أن استخدام الشمع الآسيوي تناقص بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة.

استخدام التقدير الحسي، وكذلك الاعتماد على الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية تبعاً لما ذكر في الفارماكوبيا، ليس برهاناً على تلافي غش الشمع، ولكن في بعض الحالات يمكن أن يعطي ذلك إشارة إلى احتمالات وجود الغش. وللتأكيد إذا كانت القيم التي يمكن الحصول عليها خارج الحدود المقررة، يمكن استخدام التحليل الكروماتوجرافي الغازي.

وقد تؤثر درجة الحرارة وطول فترة التسخين للشمع في بعض خصائص الشمع، وكذلك في تركيب بعض المركبات الفرعية، وليس فقط في تطاير بعض المركبات العطرية. كما أنه عندما يسخن الشمع على درجة ١٠٠°م لمدة ٢٤ ساعة، فإن معدل الأستر إلى الحامض يتغير فوق الحد المسجل للشمع النقي (Tulloch, 1980).

وهناك بعض الدلالات التي تؤكد غش الشمع مثل:

- تقدير نقطة غيمة التصبن Saponification cloud point

تعتبر نقطة تقدير غيمة التصبن طريقة سهلة وحساسة لتقدير الغش الحادث بالهيدروكربونات (European pharmacocia) ، وهذه الطريقة تكون محددة لإظهار الكميات الأعلى من ١٪، وذلك للشموع ذات درجة الانصهار الأعلى(٨٠-٨٥°م) ، أو الكميات الموجودة بنسبة ٤-٥٪ من الشموع ذات درجة الانصهار الأقل (٥٠-٥٥°م) كشمع البرافين. فإذا كانت النتيجة على درجة أقل من ٦٥°م تعطي احتمالاً لغش الشمع بالبرافين، وإذا كان الشمع مغشوشاً؛ فإن محلول الشمع المنصهر يصبح رائقاً فقط على درجة حرارة عالية. وقد أوضحت تفاصيل ذلك الاختبار بواسطة (Tulloch, 1973) ، ولكن طريقة تقدير غيمة التصبن لم تستخدم للكشف عن غش شمع النحل بواسطة شمع الكارنوبا، وإنما عن طريق استخدام الكروماتوجرافي الغازي. يمكن إظهار ٦٪ من الكحولات بعدد ذرات كربون ٣٢ موجودة في شمع الكارنوبا. غير أن شمع النحل لا يحتوي إلا على نسبة قليلة جداً من هذه الكحولات (Tulloch, 1980).

- تقييم غش الشمع بواسطة التحليل الكروماتوجرافي:

يمكن استخدام أجهزة التحليل الكروماتوجرافي الغازي لإظهار غش الشمع بواسطة بعض الشموع. ويعتمد إظهار الهيدروكربونات الموجودة في بعض الشموع والمستخدمة في غش شمع النحل، مثل:

١- البارافين والسرسين.

٢- الجلسريدات الثلاثية من زيت النخيل والشمع الحيواني.

٣- الأحماض الدهنية الصناعية مثل البالمتيك والاسبارتك.

٤- الكحولات طويلة السلسلة ($C_{16} - C_{18}$).

٥- الأسترات الصناعية ($C_{32} - C_{36}$).

وقد طورت طرق حديثة لاستخدام الكروماتوجرافي الغازي لإظهار كل من تلك المواد.

كما استخدمت طرق فصل أخرى مثل TLC، ومع تطور طرق الفصل أمكن تصنيف مركبات جديدة من شمع النحل كما استخدمت أيضاً mass spectrometer detection .

الباب الخامس

إنتاج شمع النحل وتنقيته من الشوائب

Bees wax production and purification

مصادر إنتاج الشمع الخام:

يعتبر شمع النحل ثاني منتج بعد العسل من حيث إمكانية الحصول عليه وتسويقه، كما يعتبر محصول الشمع ثانوياً بالنسبة لإنتاج العسل للنحالين، وتوجد هناك عدة مصادر للحصول عليه:

١ – المصدر الرئيس:

تعتبر الخلايا التقليدية هي أكبر مصدر للشمع الخام، وهي كثيرة الانتشار في الدول الأفريقية والآسيوية، وتبني الخلايا أقراصها بالطريقة الطبيعية على شكل ثابت، وعند القيام بعملية فرز العسل يتم فصل الأقراص بواسطة آلة حادة من الخلية، ثم تقطع وتهرس من أجل استخلاص العسل. وتنتج الطائفة في المتوسط حوالي ٣٥٠-٤٠٠ جراماً من الشمع، أو ما يعادل ١ : ١٠ شمع من قيمة إنتاج العسل؛ ولذا يعتبر الشمع في تلك المناطق هو الأكثر عائداً على النحال من العسل.

٢ – المصادر الثانوية:

تعتبر الخلايا الحديثة مصدراً ثانوياً للشمع، حيث لا ينتج منها إلا كميات صغيرة من الشمع، إذ يعاد أستخدام الأقراص الشمعية بعد استخلاص العسل وحفظها في المخزن للعام التالي، وإنتاجية هذه الطوائف من الشمع تعادل ٧٥:١ من إنتاجيتها من العسل، وتتركز مصادر إنتاج الشمع من الخلايا الحديثة في الآتي:

أ – الأغطية الشمعية الدقيقة:

يغطى العسل الناضج بأغطية شمعية، تكشط عند الفرز باستخدام سكاكين الكشط المختلفة. ونسبة الشمع المنتج تعادل تقريباً ٢٪ من وزن العسل المفروز، بمعني أن إنتاج ١٠٠ كيلو من العسل قد يصاحبها كمية من الشمع تعادل ٢ كيلو. وقد تزيد تلك الكمية إذا كان الكشط جائراً. والشمع الناتج من فرز العسل يجب تصفيته جيداً في مصفاة لمدة يومين، ثم غسله بالماء عدة مرات للتخلص من آثار العسل قبل إجراء عملية استخلاص الشمع.

ويعتبر الشمع الناتج من الأغطية الشمعية هو أجود أنواع الشمع، ويكون لونه فاتحًا لعدم إضافة البروبوليس ووجود جلود إنسلاخ معه، ولذا يباع بسعر أعلى من الشموع الناتجة من المصادر الأخرى.

ب – الزوائد الشمعية:

عند ازدحام خلايا النحل بالأفراد خلال مواسم النشاط، واتساع عش الحضنة، وقلة الأقراص الشمعية المضافة، يبني النحل زوائد شمعية في الفراغات الموجودة داخل الخلية فوق أو بين البراويز أو بالتوازي مع آخر إطار بالخلية، وقد تبني على جدران الخلية من الداخل وتثبت في غطاء الخلية العلوي، ويخطئ كثير من النحالين ذوي الدراية القليلة بإلقائها عل أرضية المنحل، مما يشجع دودة الشمع للمعيشة عليها، وتصبح مصدراً لإصابة الطوائف الأخرى. ولكن إذا ما أحتفظ النحال بتلك الزوائد الشمعية التي يبنيها النحل أثناء الموسم، قد يصل إنتاج الشمع من الطائفة الواحدة إلى كمية تتراوح من ١٠٠-٢٥٠ جراماً من الشمع.

ج – الأقراص الشمعية القديمة:

تعتبر الأقراص الشمعية القديمة التي مضى على استخدامها أكثر من عامين، وتغير لونها إلى اللون الداكن، وكذلك الأقراص المكسرة أو التي تتلف أثناء عملية الفرز، ولا تصلح لإعادة استخدامها في الخلايا مرة أخرى، سواء كانت تلك الأقراص قديمة أو حديثة، ويفضل النحالون استبدالها بأساسات شمعية حديثة- مصدراً من مصادر الشمع الخام التي يمكن الحصول عليها من الخلايا الحديثة. وتختلف نسبة الشمع فيها تبعاً لعددها وعمرها وحالتها ومدى احتوائها على الشوائب وجلود الانسلاخ، ويقال عادة إن عشرة أقراص مقاس خلية لانجستروث تنتج حوالي كيلوجرام من الشمع، وغالباً ما يكون الشمع الناتج منها داكن اللون.

طرق استخلاص شمع النحل Bees wax extraction methods

تتعدد طرق استخلاص شمع النحل إما عن طريق صهر الشمع أو بالاستخلاص الكيميائي، إذ يتم صهر شمع النحل سواء للأغطية الشمعية أو للأقراص القديمة والزوائد الشمعية، من أجل فصل الشوائب منها، وإعادة استخدامها للأغراض الصناعية أو الطبية. وتعتمد طرق الاستخلاص على رفع درجة الحرارة باستخدام اما الماء الساخن أو البخار أو

الاستفادة من حرارة الشمس أو استخدام الطاقة الكهربية مع مراعاة عدم ارتفاع درجة الحرارة إلى أكثر من ١٠٠°م، حيث إن ارتفاع درجة الحرارة عن المعدل، كما ذكرنا قد يؤدي إلى تغيير في صفات الشمع الناتج، وتقلل من درجة جودته، ولذا يفضل في معظم الأحيان استخدام الماء الساخن لهذا الغرض حتى لا ترتفع درجة الحرارة عن الـ ١٠٠°م.

ويتوقف اختيار الطريقة المستخدمه لتنقية شمع النحل على نوع الأقراص، وعلى درجة النقاء المطلوبة، حيث إن تنقية الأقراص القديمة تتم بكفاءة حوالي ٥٠٪ من وزن الأقراص وإذا استخدمت أقراص حديثة أو أغطية عيون شمعية؛ فإن هذه النسبة تكون أعلى، وتحتوي المتبقيات بعد فصل الشمع النقي منها على نسبة من الشمع (حوالي ٣٠٪) وهذه الكمية يمكن عزلها بواسطة المذيبات الكيميائية، غير أن الشمع المستخلص في هذه الحالة لا تكون له جودة عالية تبعاً لما ذكره Temnov (1967)، فإن شمع الأقراص يكون في حالة إما حرة أو مرتبطة. وعند تسخين الأقراص على درجة حرارة أقل من ١٠٠°م، فإن الشمع الموجود في صورة حرة يمكن فصله، بينما الشمع المرتبط فيمكن فصله فقط باستخدام الحرارة المرتفعة مع الكبس أو الضغط أو باستخلاصه بالمذيبات الكيميائية.

ولا توجد طريقة كاملة لاستخلاص الشمع من الإطارات بنسبة ١٠٠٪، ولكن تتفاوت الطرق المستخدمة فيما بينها في نسبة استخلاص الشمع اعتماداً على طريقة الاستخلاص واستخدام نظرية الضغط، ومن ثمّ فإن هناك نسبة ١-٢٪ من الشمع تتبقي مرتبطة مع المخلفات الشمع، ويمكن إيضاح مجموعه الطرق المستخدمه في إستخلاص الشمع على النحو التالي:

أولاً : طريقة الحمام المائي :

وهي الطريقة الأكثر شيوعاً في صهر الشمع وتنقيته، ويمكن أن تُلخص هذه الطريقة بوضع الشمع في حمام مائي حتى ينصهر، ثم يترك حتى يبرد، فيطفو الشمع النقي إلى أعلى، وتترسب الشوائب ملتصقة بطبقة الشمع من أسفل، ولذا يفضل أن يترك الإناء بدون حركة حتى يبرد ويتجمع الشمع أعلى الماء. ثم تزال طبقة الشوائب من الشمع بكشطها، ويمكن أن يعاد صهر الشمع مرتين أو ثلاثًا، وتعامل طبقة الشمع كما سبق حتى تتم إزالة جميع

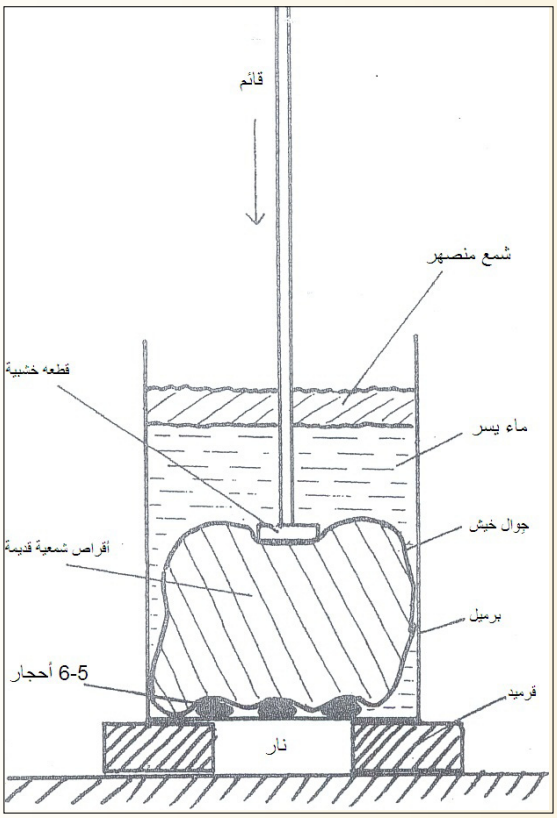
الشوائب، ويمكن أن يوضع الشمع داخل جوال يوضع في الماء المغلي ويضغط عليه من أعلى كما في شكل ١٢ حتى يخرج الشمع المنصهر ويطفو على السطح ويترك حتى يتجمد وتتبقى الشوائب داخل الخيش، ويجب مراعاة ما يلي عند إجراء عملية الاستخلاص:

(أ) ألا ترفع درجة حرارة الماء أثناء صهر الشمع عند درجة ٨٨°م (١٩٠ فهرنهيت) ، مع الاستمرار لعدة ساعات حتى تمام انصهار الشمع، ويمكن أن يستمر التسخين مدة ليلة، بشرط أن تستمر درجة الحرارة ما بين ٧٠-٨٠°م.

(ب) تعتبر هذه الطريقة غير كافية لاستخلاص كل الشمع الموجود في الأقراص القديمة، ولذا يجب ألا يُلقى الشمع المتبقي، ولكن تتم المحافظة عليه، وتوريده إلى شركة بها معدات خاصة قادرة على إستكمال صهر الشمع وتنقيته.

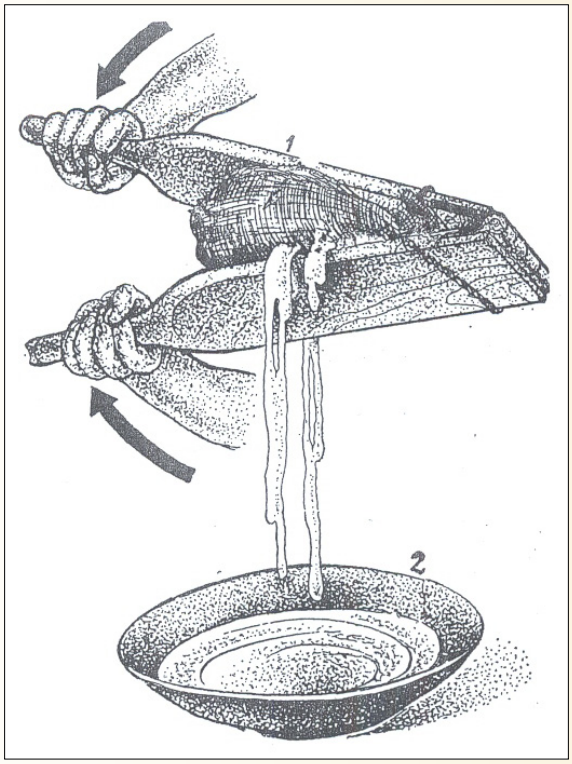
(ج) يجب تجنب استخدام الأواني المصنعه من الحديد والنحاس الأصفر والزنك و النحاس لصهر الشمع؛ فكلها على الترتيب تسبب تغيراً في لون الشمع، وأفضل معدن تصنع منه الأوعية المستخدمة لصهر الشمع هو الإستانلس إستيل، كما أن الأوانى المصنعه من الألمونيوم والنيكل والبلاتنيوم لا تسبب تغيراً في اللون، ويعتبر الحديد المصفح معقولاً لصهر الشمع، شريطة عدم وجود أماكن متآكلة بالإناء، تسبب تلامس الشمع مع الحديد بشكل مباشر.

وتتبع في مصر الطريقة البلدية لاستخلاص الشمع عن طريق تقطيع الأقراص الشمعية الفرعيه المراد صهرها، ثم تغمر في ماء دافئ لمدة يوم أو أكثر لإذابة العديد من الصبغات واستخلاصها، ثم توضع بعد ذلك في برميل سعة ١٢٠ لتر به ٢٠-٣٠ لتر ماء، يسر ويسخن حتى تمام انصهار الشمع، ثم تصب محتويات البرميل في كيس من الخيش الذي يوضع في إناء مفلطح نوعاً ما، ثم يتم الضغط على الجوال باستخدام زوج من العصي الغليظة مع وضع مخالف لبعضها من أعلى إلى أسفل لعصر محتويات الكيس بواسطة أثنين من العمال في وضع مقابل بعضهما لبعض، مما يؤدي إلى خروج الشمع المنصهر من ثقوب نسيج الجوال تاركاً الشوائب التي تم حجزها بالداخل، ويمكن تكرار هذه العملية. وبعد ذلك يتم جمع الشمع المتحصل عليه، ويوضع في إناء به ماء، ويسخن حتى ينصهر مرة أخرى، ثم يترك ليبرد وفيتصلب على شكل قرص أعلى الماء، وتؤخذ طبقة الشمع ويكشط ما في أسفلها من شوائب (شكل ١٣).



شكل (١٢) تنقية الشمع بالماء المغلي والضغط

أما في حالة الشمع الناتج من الأغطية الشمعية، فيمكن غسله بالماء أولاً لإزالة العسل منها، ثم يوضع الشمع في إناء به ماء، ويسخن حتى ينصهر الشمع، ويهاجر إلى سطح الإناء، ثم يترك ليبرد فيتكون غالباً قرص نظيف من الشمع.



شكل (١٣): طريقة استخلاص الشمع بالطريقة البلدية

ثانياً : طريقة الفراز الشمسي Solar extractor

تعتبر إحدى الوسائل المناسبة سهلة التنفيذ والاستخدام في المناحل الصغيرة والمنزلية لتنقية الشمع، وتعتبر طريقة بسيطة للحصول على شمع خام عالي الجودة سواءً من الأقراص القديمة أو الجديدة، أو ناتج كشط الأغطية الشمعية للعسل، إذ يتم صهر الشمع وتنقيته بصورة سهلة وغير مكلفة.

وتبنى نظرية عمل الفراز الشمسي على الاستفادة من حرارة أشعة الشمس، وذلك عن طريق وصول الأشعة الحرارية إلى داخل جسم الفراز، والاحتفاظ بها، ومن المعروف أن الزجاج

يسمح لأشعة الشمس بالمرور بالكامل إلى الداخل عبر الغطاء الزجاجي، وبينما يسمح للأشعة القصيرة بالعودة مرة أخرى إلى خارج الصندوق عبر الغطاء الزجاجي، إلا أنه لا يسمح للأشعة الطويلة (الحرارية) بالعودة مرة أخرى إلى الخارج، فترتفع درجة الحرارة داخل صندوق الفراز على غرار ما يسمى نظرية الصوبة الزجاجية.

تركيب الفراز الشمسي:

يتركب جسم الفراز الشمسي المستخدم لصهر الشمع وتنقيته من الأجزاء التالية كما هو موضح في شكل (١٤).

ا – جسم الفراز :

هو صندوق من الخشب سمك ٣/٤ بوصة، له قاعدة ثابتة وغطاء متحرك. أبعاد جسم الفراز الشمسي للشمع تتباين -بشكل كبير- تبعاً لحجم الصندوق المستخدم، ويؤثر ذلك في درجة الحرارة التي يمكن الوصول إليها داخل جسم الصندوق. يدهن من الداخل باللون الأسود؛ ليمتص حرارة الشمس، ويصمم الفراز الشمسي للشمع بحيث يكون صندوق الفراز معزولاً بشكل كافٍ لعدم تسرب الحرارة منه، مما يرفع من كفاءته في صهر الشمع وتنقيته؛ إذ يجب أن تكون جوانب جسم الفراز وأركانه محكمة الإغلاق جداً لمنع خروج أي هواء من داخل جسم الفراز، يمكن أن يحمل معه أية كمية حرارة للخارج، ولذا يلزم عند وجود أي شروخ أو شقوق بعد التصميم استخدام بعض المواد المالئة، مثل استخدام نوع جيد من المعجون المخصص لدهان الحوائط لسد تلك الفتحات، مع ملاحظة أن هناك جزءاً صغيراً من حرارة الصندوق يمكن فقدها من جوانبه بالتوصيل.

ولتوفير فرصة أكبر لتعريض الشمع لأشعة الشمس، يمكن صناعة جوانب صندوق المصهر بشكل مائل لناحية الخارج، مع الأخذ في الاعتبار أن أبعاد صندوق المصهر الشمسي يعتبر ذا أهمية خاصة للحصول على درجة حرارة لا تقل عن ٨٨°م، وهي الدرجة المناسبة

شكل (١٤): نموذج فراز شمع شمسي

لصهر الشمع الذي تتراوح درجة انصهاره ما بين ٦٣-٦٥°م. وقد سجل أحد الباحثين أنه في خلال اليوم المشمس، فإن درجة الحرارة داخل صندوق الفراز تفوق درجة الحرارة الخارجية بـ٥٤°م، وكانت أعلى درجة تم الوصول إليها داخل جسم الفراز هي ١٠٢°م. وفي الولايات المتحدة سجل أنه عندما كانت درجة الحرارة الخارجية ٣٣°م وصلت درجة الحرارة داخل الصندوق إلى ١٠٠°م.

يوضع على قاعدة صندوق الفراز صينية من الإستانلس إستيل أو الصاج المجلفن، ترتفع بحافة من ثلاثة جهات، وتترك الجهة الرابعة؛ ليسيل منها الشمع من خلال فتحة إلى وعاء

الاستقبال. ولمنع شوائب الشمع من النزول إلى وعاء الاستقبال، توضع شبكة من السلك المنكل في منتصف الحافة قبل الفتحة التي تصنع بعمق ٢ بوصة، التي يوضع لها مزلاج من المعدن؛ ليسهل فتحها من وقت لآخر عند انسدادها بالشمع، كما يمكن فتح عيون الشبك بواسطة الحرارة أو استخدام فرشة معدنية. ويجب ألا تكون حواف الصينية ملتصقة بشكل تام مع جسم الفراز، حتى يمكن تحركها ونظافتها عند الحاجة، مع وضع طبقة عازلة بين جسم الصندوق والصنية؛ لتمنع فقد الحرارة بالتوصيل.

٢ – غطاء الفراز الشمسي:

هو إطار خشبي محكم الإغلاق جداً مع جسم الصندوق، مزود بطبقتين من الزجاج سمك ٣ مم، ويمكن استخدام بلاستيك شفاف بالسمك نفسه محل طبقة الزجاج، ويفصل بين الطبقتين مسافة تعادل ٦ مم، وهذا يساعد على رفع درجة الحرارة داخل جسم الفراز بشكل أسرع وأكبر، وكذلك الحفاظ على درجة الحرارة من الانخفاض . ويجب أن تكون طريقة فتح غطاء المصهر من أعلى سهلة، حتى يمكن إضافة أو وضع كمية الشمع المراد صهرها، وذلك في بداية فترة الصباح. ويجب أن يصمم الغطاء بحيث يكون على مسافة تساوي ١٣-١٥ سم من قاعدة الصندوق، وكلما ارتفع عن ذلك قلت كفاءة صندوق الفراز في الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة لاستخلاص الشمع.

٣ – وعاء استقبال الشمع المنصهر:

يصنع من المعدن، ويزود بقليل من الماء للمساعدة على تجميد الشمع وبقائه منفصلاً عن جسم الوعاء، ثم يرفع في صباح اليوم التالي عند تزويد صندوق الفراز بكمية أخرى من الشمع الخام.

٤ – حامل الفراز الشمسي:

يوضع صندوق الفراز على حامل بحيث يكون مائلاً بزاوية ٣٥-٤٠°من الخلف إلى الأمام على الوضع الأفقي في مواجهة أشعة الشمس، بقصد مساعدة الشمع المنصهر على السيلان في الاتجاه المنحدر. ويمكن أن يوضع جسم الفراز على دوار محوري لسهولة تغيير وضعه مع اتجاه سقوط أشعة الشمس مرتين أو ثلاثًا خلال اليوم لزيادة كفاءة عمل الفراز.

مميزات عامة للفراز الشمسي:

١- حجمه صغير، ويسهل نقله من مكان إلى آخر.

٢- الشمع المنتج منه ذو جودة عالية.

٣- يستخدم الطاقة الشمسية المتاحة بدون أي تكاليف.

٤- تعمل أشعة الشمس على تبييض الشمع الناتج.

٥- يقوم الفراز الشمسي بأكثر من عملية في وقت واحد، مثل الصهر والتنقية من الشوائب والتبييض.

ولكن يعاب على الفراز الشمسي كما سجل Lesher and Morse (1982) أن الشمع المستخلص من الأقراص القديمة يمثل فقط ٥٠٪ من وزنها، بينما المستخلص من الأقراص الحديثة يمثل ٧٥٪ أو أقل، حيث إن جلود الانسلاخ تعمل مثل الأسفنج في الاحتفاظ بالشمع عند انصهاره، حتى بعد ترك الأقراص القديمة تحت حرارة المصهر عدة أيام؛ لذا يجب أخذ المتبقيات من الفراز الشمسي وإعادة استخلاصها مرة أخرى بواسطة البخار تحت ضغط.

الزمن المناسب لإتمام عملية الاستخلاص:

من الصعب تحديد المدة التي يجب أن يترك بها الشمع المراد تنقيته داخل المصهر الشمسي، حيث يتم استخلاص الشمع من الإطارات القديمة أو الزوائد الشمعية الحديثة وغيرها، ولكن في المتوسط يمكن القول أنه خلال الفترة من ٢-٤ أيام تحت أشعة الشمس الساطعة، عندما تصل درجة الحرارة داخل الفراز إلى درجة لا تقل عن ٨٨°م، تكون كافية للاستخلاص؛ ولذا تزداد كفاءة عمل الجهاز في الجو الحار ذي الشمس الساطعة.

القدرة الإنتاجية للفراز:

تتوقف القدرة الإنتاجية للفراز على عدة عوامل، منها: الفترة خلال الموسم، ودرجة حرارة الجو المحيط، ومدى سطوع أشعة الشمس وعدم وجود غيوم أثناء استخلاص الشمع، بالإضافة إلى إتقان صناعة الفراز وعزله لمنع تسرب الحرارة الداخلية، وكلها عوامل ترفع القدرة الإنتاجية

من الشمع المستخلص، ويمكن في خلال يوم واحد إنتاج من ٢-٤ أرطال من الشمع المنقى، وقد سجل أحد الباحثين إنتاج ٤٧ رطلًا من بلوكات الشمع من عدد ٤٢ طائفة في خلايا حديثة خلال عام.

ويجب أخذ الملاحظات الآتية، عند استخدام الفراز الشمسي لتحسين الأداء وزيادة كفاءة استخلاص الشمع:

- تغيير وضع الفراز عدة مرات -بشكل دوري- لمواجهة أشعة الشمس مباشرة، مع مراعاة أن يثبت بعيداً عن ظل الأشجار والمباني.
- فصل الأقراص القديمة عن الأغطية الشمعية عند إجراء عملية الصهر، حيث إن الأغطية تعتبر ذات جودة أفضل، بحيث تتم عملية الصهر لكل نوع على حده.
- مراعاة تكسير الأقراص القديمة إلى قطع صغيرة، حتى يمكن تعريض أكبر سطح ممكن منها لأشعة الشمس.
- إزالة مخلفات الشمع من على أرضية الفراز بعد الغروب وحرارة الفراز ماتزال ساخنة، وذلك باستخدام مكشطة مثل المستخدمة في دهان الحوائط.

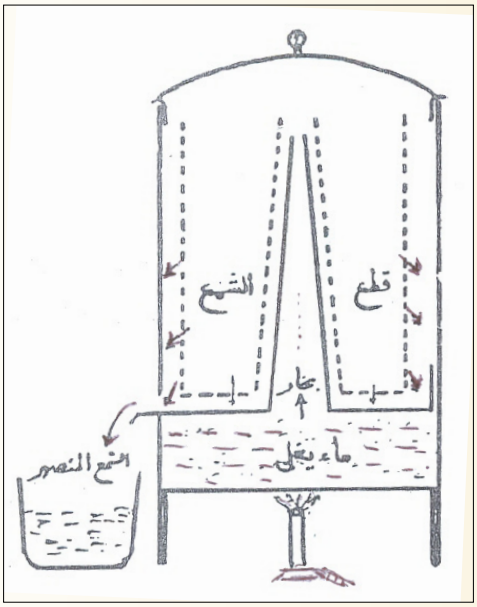
ثالثاً : طرق الاستخلاص بالبخار:

تُعد هذه الطريقة مناسبة -بشكل كبير- لاستخلاص الشمع الناتج من الأغطية الشمعية، غير أنه بالنسبة للإطارات القديمة يمكن فقط أستخلاص ٨٠٪ من الشمع منها، وذلك لاحتوائه على كثير من جلود الانسلاخ، ومن أمثلتها:

ا – الفراز البخاري Steam wax extractor

يُستعمل البخار في هذه الأنواع -بشكل عام- لصهر الشمع وتنقيته، وتجري عملية الصهر في إناء معدني بداخله قفص من السلك، يوضع فيه الشمع الخام. ولهذا الإناء فتحة من أسفل تسمح بمرور البخار، بحيث يتخلل قطع الشمع الخام، فينصهر، فيسيل إلى قاعدة الإناء الذي يستقبل الشمع المنصهر، ومنها يتجه إلى الخارج خلال أنبوبة، حيث يستقبل في

إناء به قليل من الماء، وتوجد عدة أشكال تجارية من هذا النوع. ومن هذه الأشكال فراز شمع بخاري، يتكون من أربعة أجزاء كما في شكل (١٥).



شكل (١٥) فراز الشمع البخاري

(أ) قفص معدني مثقب مصنوع على شكل أسطوانة، يبرز من قاع له الداخل أنبوبة قمعية مثقبة، توضع بها الأقراص الشمعية بعد تكسيرها.

(ب) وعاء أسطواني يحيط بالقفص المثقب، قاعدة هذا الوعاء غير متصلة بالقفص عمقها ١ ١/٢ بوصة، ويبرز منها إلى أعلى أنبوبة قمعية لها فتحة في طرفها العلوي، وتثبت هذه القاعدة تحت القفص المثقب، بحيث توجد بينهما مسافة.

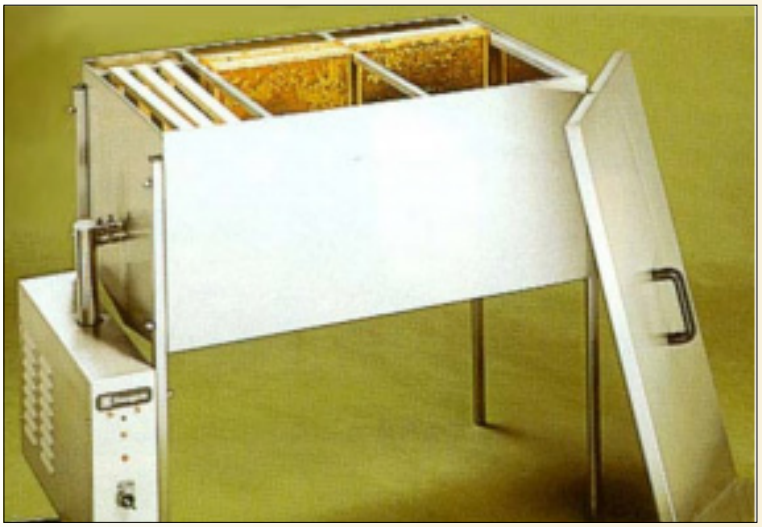
(ج) إناء قاعدي ممتلئ بالماء، يوضع على لهب حتى يتصاعد منه البخار، ويتسرب خلال ثقوب القفص المحتوي على القطع الشمعية، فينصهر الشمع، ويمر من خلال الثقوب إلى القاعدة، ويخرج من الأنبوبة المتصلة بها إلى وعاء الاستقبال.

(د) وعاء استقبال الشمع يحتوي على قليل من الماء البارد، عند تساقط الشمع فيه يتجمد ويتجمع وتتبقى الشوائب داخل القفص.

٢ – الصندوق البخاري Steam chest

استخدام صندوق البخار طريقة منتشرة لاستخلاص الشمع من الأقراص القديمة، وهو صندوق متطاول من الإستانلس إستيل ، بداخله مكان يتسع لعدد ٥٠ إطارًا بشمعه. ولاستعمال الصندوق يغلق، ويحقن فيه البخار من مولد خاص للبخار، وبذلك ينصهر الشمع ويسيل من الأقراص على قاع الصندوق، الذي توجد أسفله قاعدة مثقبة تعلو قاع الصندوق الذي يوجد به صنبور أو سدادة، يصرف من خلالها الشمع المنصهر؛ وذلك بعد مدة من الزمن، تختلف تبعاً لعدد الأقراص ودرجة الحرارة داخل الصندوق وطريقة العزل، ويمكن فتح الغطاء العلوي قبل أن تبرد الأقراص، ويرج الشمع للمساعدة على حجز المخلفات الموجودة به عند التصفية. ويرتدي معظم المشتغلين على صندوق البخار قفازات سميكة لتجنب الحروق. وتعتبر كفاءة صندوق البخار حوالي ٥٠٪ في درجة استخلاصه للشمع النقي من الأقراص القديمة، ويمكن إعادة إذابة المتبقي منها مع الشوائب مرة أخرى تحت ضغط؛ وذلك للحصول على نسبة الشمع المرتبطة بالشوائب، خاصة الشرانق والمخلفات الناتجة من صهر الأقراص.

وشكل (١٦) يوضح صندوق بخار يسع حوالي ٣٦ قرصًا شمعيًا، ويمكن أن تتم عملية الانصهار للشمع داخله خلال ٢٠ دقيقة فقط.



شكل (١٦): الصندوق البخاري المستخدم لصهر الشمع.

٣- مكبس الشمع Wax press

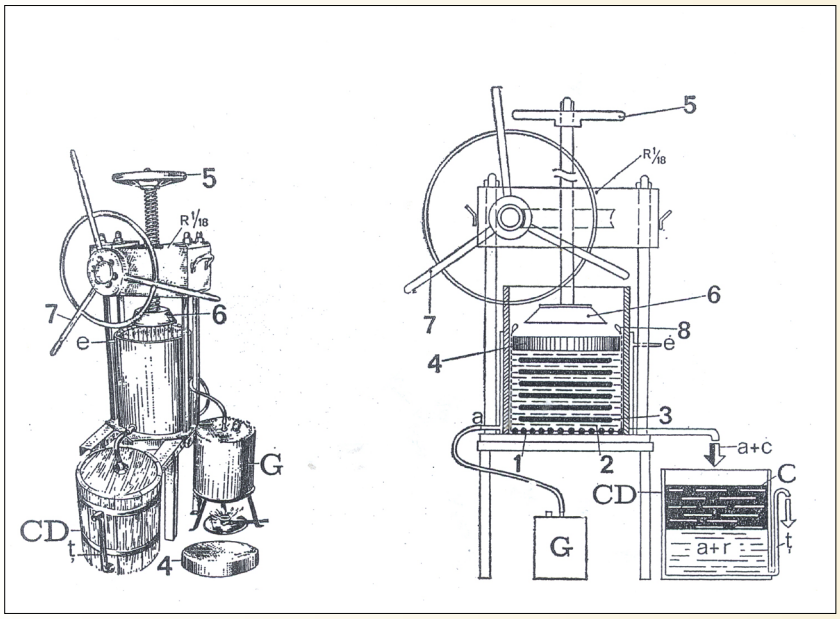
يُعد مكبس الشمع Hershiser press أفضل الأجهزة المستخدمة لاستخلاص الشمع من الأقراص الشمعية القديمة عن طريق تقنية الهيدروليك، وقد ارتبط هذا المكبس باسم النحال Hershiser الذي درس الفكرة بعناية، وقام بتركيبه وإدخال تحسينات عليه، وتبدأ خطوات الاستخلاص بوضع الشمع في كيس من الخيش أو القماش النظيف، ويغمر في ماء دافئ لمدة ٢٤ ساعة؛ لكي يجعل حبوب اللقاح وجلود الانسلاخ والشوائب تمتص الماء بدلاً من ارتباطها بالشمع، ويسهل عملية ترسيبها مما يزيد من كفاءة عملية التخلص من الشوائب، ثم يوضع كيس الشمع في إناء به ماء مغلي، وبعد انصهار الشمع ينقل الكيس إلى المكبس الذي تكون قاعدته على هيئة شبكة، حيث يتم الضغط على الكيس آلياً؛ ليطرد الشمع من خلال ثقوب القماش الدقيقة، ومن ثم يستقبل في إناء به ماء يساعد على تجمد الشمع المنصهر، ثم يطفو إلى السطح، وقد تكرر تلك العملية.

وتكون فعالية المكبس أفضل إذا كانت الـ slumgum رقيقة الطبقات (سماكتها ٥-١٠ سم) ملفوفة في خيش. فالطبقات المغطاة بالخيش تُفصل عن طريق حواجز أو مباعدات مصنوعة من الخشب أو الإستانلس إستيل. ويجب أن تكون المباعدات في وضع يسمح للشمع بالتدفق الحر من الطبقات المضغوطة. كذلك يجب أن يكون الضغط بالتناوب، ضغطًا وتحريراً من الضغط؛ ليكون العمل فعالاً. يزال الشمع من المكبس بالتغطيس، أو بالسماح للشمع بالتدفق الحر من صنبور أو بوابة حين يكون مستوى الماء مرتفعاً.

يوضح شكل (١٧) نوعاً من المكابس الذي يقوم باستخلاص وتنقية حوالي ٣٠ كيلوجرام من الشمع في اليوم، وهذه الكمية يمكن استخلاصها من ٣٠٠ قرص من الشمع المستعمل. ويلاحظ أن كمية الشمع المتبقي مع الشوائب تكون قليلة جداً، وقد تتراوح ما بين ٠,٥ – ٢,٥٪ فقط، وتحتاج هذه الطريقة في المرة الواحدة إلى عشر ساعات.

وبالرغم من أن الضغط مع الماء الحار على فضلات شمع النحل يعتبر الطريقة الأكفأ مقارنة بجميع الطرائق السابقة، وبالرغم من الوقت الطويل الذي تحتاج إليه، نجد أنها مشجعة خاصة في حالة استخلاص الكميات التجارية من الشمع .

ويفضل استخدام تسخين الشمع بالبخار، وذلك قبل وضعه في المكبس البريمي أو المكبس الهيدروليكي. ويمكن استخدام الصندوق التجاري في صهر الشمع، كما يمكن استخدام الماء الساخن. ولكن بعد وضع الأقراص القديمة في خيش مبطن بقماش رقيق، مثل: الشاش وصهره قبل وضعه في المكبس لاستخلاص الشمع منها.



شكل (١٧) مكبس الشمع ، يعتبر إحدى الطرق العملية لاستخلاص كميات تجارية من شمع الأقراص القديمة

رابعاً: طريقة استخلاص الشمع بالطرد المركزي Centrifugal extraction

يمكن فصل شمع النحل من الشوائب الموجودة به بطريقة الطرد المركزي، حيث يستخدم لذلك ما يسمى فراز الشمع ذا الطرد المركزي، حيث يستخدم لذلك سلال ساخنة، وتلقى الأقراص في ماء مغلي، ويوضع مغلي المخلوط في السلال، ثم تدار بسرعة أعلى من ١٥٠٠ لفة في الدقيقة مع حفظ درجة الحرارة على أكثر من ٦٥°م لحماية الشمع من التجمد، ونتيجة للطرد المركزي يتم قذف الشوائب والماء ناحية الجدر الخارجية للسلة، حيث تهرب المياه خلال الثقوب، ويتم فصل الشمع عن الشوائب والمواد الصلبة، ثم يسيل الشمع النقي خلال فتحة الفراز، وتستخدم هذه الطريقة في الوحدات الكبيرة لتصنيع الشمع .

تعتبر طريقة الطرد المركزي لفصل الشوائب طريقة ذات كفاءة عالية، إلا أنها عملياً ذات تكلفة عالية مقارنة بالطرق التقليدية.

خامساً: طريقة الاستخلاص الكيميائي:

بسبب عدم كفاءة أغلب طرق استخلاص الشمع مما يرتبط به من شوائب، لجأ البعض إلى استخدام الطرق الكيميائية لإذابة الشمع واستخلاصه من الأقراص القديمة، ومن أشهر المذيبات المستخدمه لذلك مذيبين هما:

- تتراكلوريد الكربون Tetrachloride carbon.
- ثلاثي كلورو ايثلين Trichloroethylene

ولكن يجب عدم استخدام المذيبات الكيماوية في استخلاص الشمع لعدة أسباب:

١- وجد أن عملية الإذابة تضيف مع شمع النحل مواد من الأقراص القديمة لا يفضل إضافتها، مثل بعض مكونات البروبوليس وغيرها.

٢- بعض المذيبات المستخدمة مواد متفجرة يجب التعامل معها بحذر.

٣- تؤثر تلك المذيبات في المواصفات الكيميائية والفزيائية للشمع المستخلص كيميائيًا عن الشمع الطبيعي.

مظاهر التلف عند استخلاص الشمع الخام:

ا – إغماق لون الشمع Wax darking

تسخين الشمع على درجة حرارة عالية جداً ولفترة طويلة، ربما يسبب تلفًا للشمع وإغماقًا للونه. كما أن تسخين الشمع في أواني مصنوعة من الحديد أو الزنك أو النحاس قد يؤدي إلى تحول الشمع إلى اللون الداكن. غير أن استعمال أواني الألومنيوم أو الإستانلس إستيل يكون مناسبًا، إلا أن هذه الأواني تتأثر باستخدام حامض الأوكساليك المستخدم في عملية تبييض الشمع، ويفضل استخدام الأوعية الخشبية عند معاملة الشمع بالأحماض، كما يجب عدم استخدام الأواني المصفحة بالرصاص عند استخلاص الشمع منعاً لتلوثه.

٢ – إكساب الشمع رائحة غير مرغوبة:

عند صهر الأقراص الشمعية المحتوية على بقايا عسل متخمر، يمكن أن يعطي الشمع الخام الناتج رائحة غير مقبولة، ولذا يجب في حالة احتواء الأقراص الشمعية المراد صهرها على بقايا عسل متخمر غمرها في ماء دافئ لمدة ٢٤ ساعة، قبل إجراء عملية الصهر لإزابة ما بها من بقايا العسل.

٣ – تلوث الشمع بالميكروبات:

قد يلوث الشمع الناتج ببعض جراثيم مسببات الأمراض للنحل، مثل مسبب مرض الحضنة الأمريكي *Paenibaciullus larvae* ، وذلك عند استخدام أقراص شمعية سبق أن وجد بها يرقات مصابة بهذا المرض، ومن المعروف أن هذه الجراثيم مقاومة للحرارة، ولا تقتل بغليان الشمع في الماء، وتحتاج إلى تسخين الشمع على درجة حرارة ١٢٠ مع ضغط عالٍ (١٤٠٠ hpa) لمدة ٣٠ دقيقة، حتى تقتل تلك الجراثيم (Machova, ١٩٩٣) ، ولذا قد تتأثر خواص الشمع الناتج كثيراً عقب ذلك.

٤ – تكوّن مستحلب الماء مع الشمع Water-wax emulsions

عند استخدام ماء به بعض أيونات الأملاح مثل الكالسيوم والحديد في استخلاص الشمع، فإنه يظهر مستحلب للشمع مع الماء بشكل لبني ويعالج ذلك بإضافة ٢-٣ جرامات من حامض الأوكساليك لكل كيلوجرام من الشمع، تسخن مع ١١ لتر ماء، حيث يرتبط حامض الأوكساليك مع الكالسيوم، ويمنع حدوث الاستحلاب، وفي الوقت نفسه يحدث تبييض للشمع.

٥ – تكوّن تركيب صابوني للشمع A crummy structure of wax

يمكن أن يحدث تصبّن لشمع النحل عند عملية الاستخلاص، حيث إن المحتوى المعدني المنخفض، قد يساعد على ظهور المشكلة. ولذا يفضل استخدام الماء اليسر لمنع حدوث ذلك، وهذه العملية يمكن معالجتها بغلي الشمع مع حامض كبريتيك أو أوكساليك. ولكن في بعض الحالات قد تحدث تلك الظاهرة حتى مع استعمال الماء اليسر، ويفضل في تلك الحالة الاحتفاظ بالشمع الخام المنصهر المتلامس مع الماء على درجة حرارة أقل من ٩٠°م لفترة زمنية.

٦ – الاتحاد مع الماء Wax incorporation of water

قد يتحد الماء مع الشمع أثناء عملية تصنيع الشمع الخام، ولا تتم إزالة الماء الزائد من الشمع الناتج إلا بالتسخين على ١٠٥°م. ويجب مراعاة إضافة مادة مضادة للرغوة مثل السليكون، والاستمرار في التسخين حتى انخفاض ظهور الفقاقيع في الشمع، مما يدل على تخلص الشمع في هذه الحالة من الماء.

٧ – الشمع غير النقي Impure wax

لا يكون شمع النحل نقياً بشكل كافٍ عقب عملية انصهاره، وللحصول على شمع أكثر نقاءً من الشوائب يمكن استخدام التسخين بالماء في أوعية مصنعة من الإستانلس إستيل مع بقائه في حمام مائي على درجة حرارة من ٧٥-٨٠°م لعدة ساعات (ليلة) ، وعندما يصبح الشمع المستخلص شفافًا مثل الماء، ويطفو إلى أعلى تتبقى المخلفات في الجزء الأسفل من الشمع، وهذه المخلفات يمكن كشطها بعد التبريد، وتحت ظروف التصنيع يمكن تنظيف الشمع السائل الساخن بالترشيح.

طرق إزالة الألوان من الشمع Bleaching of bees wax

بعد إزالة الشوائب من الشمع، تبدأ مرحلة إزالة الألوان أو ما يسمى عملية تبييض الشمع، حيث يختلف لون الشمع عقب عملية التنقية من اللون الأصفر الفاتح إلى البني الفاتح أو الداكن، وذلك نتيجة إصطباغه بألوان حبوب اللقاح والبروبوليس وبعض المعادن خاصة الحديد، وفي الوقت الذي يسهل فيه إزالة الألوان الفاتحة ليتحول لون الشمع إلى الأبيض، فإن الألوان الداكنة يصعب التخلص منها كلية شكل (١٨). والكثير من الاستخدامات التجارية لشمع النحل يتطلب استخدام الشمع الأبيض أو الأصفر الفاتح الذي يباع بأسعار عالية في الأسواق التجارية، ويوجد هناك العديد من الأساليب لإزالة الألوان من الشمع بتوقف استخدام بعضها بحسب الغرض المراد استخدام الشمع فيه، ومن هذه الأساليب:

أولاً : طريقة استخدام أشعة الشمس :

يعتبر استخدام أشعة الشمس المباشرة أقدم الطرق وأسهلها وأقلها تكلفة في أكسدة الألوان وتبييض شمع النحل، ويمكن أن تجري هذه العملية باستعمال صندوق صهر الشمع بواسطة أشعة الشمس -السابق إيضاحه- وذلك لتبييض كميات محدودة من شمع النحل التي تقطع إلى قطع صغيرة ، ثم تُعرَّض لأشعة الشمس لتنصهر، وعند تعرضها وهي على شكل سائل لمدة ٤٨-٧٢ ساعة لأشعة الشمس، تزول الألوان من الشمع بدرجة تعتمد على مدى احتواء الشمع على مسببات اللون.

الطريقة المثلي لرفع كفاءة استخدام أشعة الشمس لتبييض الشمع، هي أن يشكل الشمع الخام على شكل ألواح رقيقة، تُعرَّض لأشعة الشمس عدة أيام مع رشها برذاذ الماء بشكل دوري للإسراع من عملية إزالة الألوان. وتتوقف الفترة اللازمة لإزالة الألوان الداكنة من الشمع الناتج من الأقراص الشمعية القديمة على درجة سطوع الشمس، وطبيعة الموسم، وسمك طبقة الشمع، حيث لوحظ أن الشرائط الرقيقة والسائلة من الشمع قد تم تبييضها بشكل أسرع، في حين أن قوالب الشمع الشيلي والبرازيلي أصبحت بيضاء تقريباً إلى عمق $^{١}/_{٢}$ بوصة من السطح فقط، عند تعرضها لأشعة الشمس لمدة ٢٤ ساعة.

وقد لوحظ أن هذه الطريقة يعيبها أن أشعة الشمس لا تزيل الألوان الناتجة من صبغات حبوب اللقاح أو البروبوليس وكذلك الأصباغ المعدنية.

ثانياً: طريقة استخدام المركبات الكيميائية:

إزالة ألوان الشمع الخام باستخدام بعض الكيماويات بعد صهره وتصفيته وتنقيته من الشوائب، تُعد إحدى الطرق التجارية المستخدمة في مجال صناعة شمع النحل، وتستخدم لذلك بعض الأحماض مثل الكبريتيك والأرثوفوسفوريك والأكساليك وكذلك بعض المواد القاصرة للألوان، ولكل نوع منها مميزات أو عيوب تعتمد إلى حد كبير على الهدف من استخدام الشمع بعد ذلك، ويمكن عرض ذلك فيما يلي:

أ – استخدام الأحماض:

تقوم الأحماض بالمساعدة على ترسيب الشوائب الموجودة بالشمع، كما تساعد على منع

الاستحلاب، وكذلك الارتباط بجزء من عنصر الحديد، الذي يعتبر أحد عوامل إغماق اللون في شمع النحل، ويجب ملاحظة أن معظم تلك المواد خطرة على اليدين؛ لذلك يجب أخذ الحيطة عند تداولها مع ملاحظة أن الاحماض تختلف في درجة إزالتها لألوان الشمع، ومن هذه الأحماض:

(١) حامض الكبريتيك:

لإجراء عملية تبييض الشمع بحامض الكبريتيك، يحضر برميل من الخشب الأرو أو مثيله من الأخشاب أو أي إناء آخر لا يتآكل بتأثير الحامض، ويملأ ربع الإناء بالماء البارد، ويضاف إليه حامض الكبريتيك ثم الشمع الداكن، ويسخن إما على اللهب المباشر أو بالبخار؛ حتى ينصهر الشمع مع التقليب المستمر، ويترك حتى ترسب الشوائب ثم يؤخذ الشمع.

لوحظ أن فعالية استخدام حامض الكبريتيك في إزالة ألوان الشمع كانت طفيفة، ويظهر تأثير هذا الحامض بشكل أكبر في إزالة الشوائب العالقة مع الشمع وترسيبها أكثر من تأثيره على إزالة الألوان الداكنة من الشمع.

(٢) حامض الأكساليك:

يعتبر أفضل الأحماض التي يمكن استعمالها لإزالة الألوان من شمع النحل، حيث يحقق نتائج إيجابية خلال فترة زمنية قصيرة تقدر بعشرة دقائق. هذا إلى جانب سهولة استعماله وقلة تكاليفه، ويجب أن يستخدم الحامض ساخناً في صناديق خاصة مبطنة بالزجاج أو في أحواض خشبية، ويفضل عدم استخدام الأوعية الإستانلس إستيل، حيث يؤثر فيها الحامض، ويؤدي إلى تآكلها بعد فترة.

(٣) حامض الأيدروكلوريك:

لوحظ أن استخدامه في عملية تبييض الشمع، يمكن أن يغير من صفات الشمع العامة؛ لذا فهو قليل الاستخدام من قبل المنتجين.

ب – استخدام المواد القاصرة للألوان:

تستخدم بعض المواد المؤكسدة، مثل: الكلور، وبرمنجنات البوتاسيوم، والفحم، بغرض تبييض الشمع للاستخدامات التجارية، ولكل منها أيضاً محاذيرها:

(١) استخدام الكلور

استخدام الكلور في تبييض الشمع يعطي نتيجة ممتازة، ولكن يجب تجنب استخدامه؛ لأنه يغير جزئياً من تركيب الشمع، كما أنه يُمتص من قبل الشمع، ثم يتحرر كغاز سام – وخاصة إذا حرق مع استخدم الشمع في صناعة شموع الإضاءة بعد ذلك، كما أن الشمع المبيض بالكلور يجب عدم استخدامه في صناعة الأساسات الشمعية.

(٢) استخدام مادة برمنجمات البوتاسيوم Potassium permanganate

يراعى الحذر إذا استخدمت مادة برمنجنات البوتاسيوم في تبييض شمع النحل؛ لأنها تكون رغوة عند إضافتها للشمع. وتجري الطريقة بتسخين الشمع على درجة ٩٠°م لمدة ٣٠ دقيقة مع محلول ٠,٠١ بوتاسيوم برمنجنات في وسط حامضي قليل، ويمكن استبدال المحلول بالماء، ويجب عدم استخدام المحلول عدة مرات؛ لأن ذلك يعتبر مشكلة من ناحية التلوث البيئي.

(٣) استخدام فوق أكسيد الهيدروجين Hydrogen peroxide

تستخدم مادة فوق أكسيد الهيدروجين كمادة مؤكسدة لتبييض الشمع الخام الناتج من عملية الاستخلاص للحصول على شمع ذي لون أصفر أو ذهبي. وتجري العملية في حاويات من الإستانلس إستيل مع استخدام ماء يسر، يضاف إليه ملعقتان من فوق أكسيد الهيدروجين المحبب أو البودرة، ويغلي الخليط برفق أو تتم إضافة فوق أكسيد الهيدروجين المركز بطريقة التنقيط إلى الشمع الساخن. ويتم تحديد الكميات المضافة على أساس الخبرة والاختبارات المعملية الصغيرة. ويجب مراعاة سرعة التقليب للتأكد من امتزاج الشمع وملامسته للبيروكسيدات.

والمعروف أن الوظيفة الرئيسة لفوق أكسيد الهيدروجين هي إنتاج تيار ضعيف من الفقاعات؛ ولذا ربما يرتفع البخار خلال الشمع المنصهر، ويعطي فوق أكسيد الهيدروجين الفرصة للاحتكاك مع الجزيئات العضوية الصغيرة، كما أن الفقاعات نفسها تعمل كنواة للبخار لتبخير ما بها. وبذلك تمنع ضغط الفوران عند الغليان الذي قد يكون خطراً عند تداول الشمع المنصهر؛ ولذا يجب أن تستخدم الكمية المقدرة فقط من فوق أكسيد الهيدروجين؛ حيث إن أي زيادة منها قد تسبب قوة غليان أكثر على الشمع. وبعد تمام عملية التبييض التي تتم معرفتها بتوقف ظهور فقاعات الشمع حتى مع استمرار التقليب، ثم يبرد الشمع ببطء، وما يتكون على السطح السفلي للشمع من شوائب يمكن كشطه، ويمكن إعادة صهر العينة مرة أخرى للحصول على مكونات أفضل. وهناك عدة احتياطات يجب أخذها في الاعتبار عند إجراء تلك الطريقة:

١- يجب توفر مراوح تهوية وشفاطات هواء لشفط الأبخرة الناتجة من حاويه تبييض الشمع.

٢- ارتداء أدوات واقية للعيون والرئة والجلد من فوق أكسيد الهيدروجين المركز.

(أ) (ب)

شكل (١٨): بلوكات شمع خام

أ – شمع غامق قبل عملية التبييض.

ب- شمع فاتح اللون بعد عملية التبييض.

الباب السادس

صناعة شمع الأساس

Wax Foundation Industry

مقدمة

واجه مربو النحل صعوبات كبيرة في استخدام الخلايا ذات الإطارات المتحركة قبل اختراع الأساسات الشمعية، لعدم حصولهم على أقراص مستقيمة ومنتظمة في إطارات، وكان النحل يلصق كل قرص بالآخر بالإضافة إلى بنائه كثيراً من أقراص حضنة الذكور.

وبعد صناعة الأساسات الشمعية أصبح من السهل الحصول على أقراص شمعية موحدة العيون منتظمة، وفي الوقت نفسه تتحمل ثقل العسل وقوة الطرد المركزي عند عملية الفرز.

ويعتبر استعمال الأساسات الشمعية جزءاً مكملاً لاستعمال الخلايا ذات الإطارات المتحركة. وتعد الآن من أهم العمليات التي لا يمكن الاستغناء عنها في أي منحل من المناحل الحديثة.

يعرف شمع الأساس بأنه فرخ من شمع النحل النقي، مطبوع عليه من كلتا الجهتين قواعد وبداية جدران العيون السداسية للقرص الشمعي، حيث تثبت هذه الأساسات الشمعية في الإطارات الخشبية، وذلك قبل وضعها في الخلية. وتسمى عندئذ أساسات شمعية غير ممطوطه؛ إذ يعتبر الأساس الشمعي بمثابة المحور الوسطي للقرص الشمعي بعد بنائه، والذي ستتعامد عليه العيون السداسية.

وعادة ما تصنع الأساسات الشمعية بحجم العيون السداسية للشغالة، وقد تصنع بعض الأساسات الشمعية بحجم العيون السداسية للذكور، لاستعمالها قبل موسم تربية الملكات، وذلك لإكثار الذكور عددياً، إلا أن المربين يفضلون النوع الأول تاركين للنحل الحرية في بناء العيون السداسية الخاصة بالذكور في أطراف القرص الشمعي وأركانه، وقد وجد أن استعمال الأساسات الشمعية ذات العيون الواسعة يسهل تخزين العسل ونضجه كما يسهل عملية استخلاصه.

وتقوم الشغالات بمط جدران العيون السداسية إلى العمق المناسب، ولاستعمال الأساسات الشمعية في الطوائف مزايا عديدة سنتعرض لهذا بالذكر في هذا الباب.

تاريخ صناعة شمع الأساس:

عندما تم تصنيع الخلايا ذات البراويز المتحركة كأساس للنحالة الحديثة، بقيت هناك بعض المشاكل الأخرى التي تواجه النحالين عند استخدامها، ومنها: كيف نجعل النحل يبني القرص المستقيم داخل البرواز؟ وأجريت بعض المحاولات، مثل: استخدام قمة برواز خشبية مثلثة مغطاة بالشمع، حيث تشجع الحواف الرقيقة الممتدة لأسفل شغالات النحل ببناء أقراص مستقيمة جنباً إلى جنب، غير أنه لا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة بجانب عادة الشغالات في بناء أقراص ذكور، في الوقت الذي يحتاج فيه النحال إلى بناء أقراص عيون شغالات، ويعتقد أن زيادة إنتاج أقراص الذكور هي التي دفعت إلى التفكير في صنع عيون سداسية صغيرة الحجم لإنتاج الشغالات على فرخ من الشمع. وقد تطورت الصناعة للأساس الشمعي كما يلي:

- في عام ١٨٥٧م، قام جوهانز مهرنج Johannes Mehring باختراع أساس شمعي؛ إذ صمم ضاغطاً لنقش قواعد مسطحه للعيون السداسية على أفرخ من الشمع، كانت تصنع بطريقة بدائية.

- في عام ١٨٧٢م، قام كل من جاكوب Jacob السويسري ورتسيش Rietsche الألماني بإدخال تحسينات على أجهزة الكبس.

- في عام ١٨٧٦م، تمكن روت Root من صناعة ماكينة لصناعة الأساسات الشمعية غير أن العيون الناتجة كانت مفلطحة القاع.

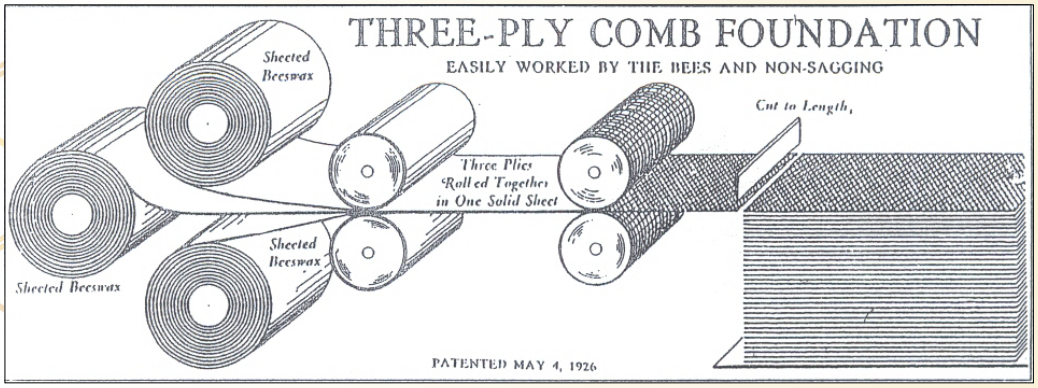
- في عام ١٨٩٥م، أنتج ويد Weed آلة متقنة لإنتاج شرائط طويلة من شمع النحل ذات سمك متجانس وبالعرض المطلوب، وكان الشمع فيها يسخن بالبخار حتى يلين ويمرر بين أسطوانيتين تعملان في اتجاهين متضادين منتجة شريطًا من الشمع يلف على شكل لفات كبيرة، ثم يمرر بين اسطوانتين معدنيتين محفور عليهما قواعد العيون السداسية، فتخرج أشرطة من شمع الأساس تقتطع إلى أفرخ بالطول والعرض المطلوبين.

- في عام ١٩٠٠م، أدخل كل من Root & Blanchard تحويراً في الأسطوانات التي تطبع

العيون السداسية، يخص شكل قاعدة العين السداسية فبدلاً من العيون السداسية مسطحه القاعدة، أنتجت عيون ذات قاعدة مخروطية ومتبادلة الوضع من الجهتين مشابهة تماماً لقواعد العيون السداسية في الأقراص الطبيعية.

- وفي عام ١٩٢١م، قام دادانت Dadant بإنتاج شمع أساس مزود بأسلاك أفقية مغمورة بواسطة تيار كهربائي ضعيف في الأساس الشمعي.
- وفي عام ١٩٢٣م، قام Root بإنتاج أساس شمعي مكون من ثلاث طبقات 3-ply foundation؛ الطبقة الوسطى من شمع الكارنوبا وهي أمتن من الأساسات الأخرى (شكل ١٩).
- في عام ١٩٣٢م، قام Kelly بتصميم بماكينة لفرد الأفرخ الشمعية، وجعلها رقيقة قبل تصنيعها.

وبشكل عام، فإن الإنتاج التجاري لماكينات الأساسات الشمعية، يوجد بشكل متطور في ألمانيا التي لا تزال تحتفظ بمكانة متميزة في ذلك المجال.



شكل (١٩): رسم يمثل عملية صناعة شمع أساس ثلاثي الطبقات

صناعة الأساسات الشمعية:

تصنع الأساسات الشمعية من شمع النحل الخام بعد تنقيته من الشوائب، وهناك طريقتان لصناعة هذه الأساسات: طريقة بدائية، وأخرى حديثة.

أولاً: الطريقة البدائية أو طريقة الألواح:

وتسمي أيضاً طريقة الغمس، وتستخدم هذه الطريقة في صناعة عدد محدود من الأساسات الشمعية، وتتبع فيها الخطوات الآتية:

١- عملية صهر الشمع: يتم صهر شمع النحل النقي في إناء كبير في حمام مائي، بحيث لا ترتفع درجة الحرارة عن ٧٠°م.

٢- عملية التغطيس: تستعمل لذلك ألواح خاصة من الخشب، سمكها حوالي ١ سم تقريباً، وطولها ٤٠ سم، وعرضها ٣٠ سم، ولها مقبض من أعلى، ثم تغطي بطبقة من محلول الماء والصابون مع قليل من الكحول، وذلك لتسهيل انفصال طبقة الشمع عن الألواح، ثم تغمس هذه الألواح في الشمع المنصهر، وتستخرج، وتغمس في ماء بارد، وهكذا تكرر العملية حتى يتكون على هذه الألواح عدة طبقات رقيقة بعضها فوق بعض، يكون سمكها في المتوسط حوالي ٢ مم، ثم تزال الحواف من الجانبين ومن أسفل بواسطة سكين، فيبقي على كل وجه قرص سميك من الشمع يسهل فصله.

٣- عملية السحب: توضع الألواح الشمعية في ماء دافئ على درجة حرارة من ٣٥-٣٨°م للتطرية، ثم توضع بين أسطوانتين عاديتين متساويتي المسافة بينهما تساوي سمك الأساس الشمعي أو أكثر قليلاً، وهي حوالي ٢-٣ مم مع تسخين الأسطوانتين إلى درجة ٣٠°م بصب ماء ساخن، ثم تدهن الأسطوانتان بمحلول الماء والصابون المضاف إليه قليل من الكحول.

٤- عملية الطبع: تتم هذه العملية بتمرير الألواح الملساء المسحوبة بين أسطوانتين منقوش عليهما جدر العيون السداسية لقرص النحل، وتسمى Foundation mill.

٥- عملية التشطيب: تتم هذه العملية بتقطيع الألواح إلى قطع تساوي أساس لانجستروث.

٦- التعبئة: تتم تعبئة الألواح بعد عملية التقطيع في علب كرتون وزن ٢ كجم، مع وضع فرخ من الورق الخفيف بين كل لوحين منعاً للالتصاق، وتكتب البيانات على العلبة من الخارج.

كذلك يمكن إعادة صهر الزيادات الشمعية الناتجة أثناء عملية التصنيع، وإعادة استخدامها بالطريقة نفسها من جديد.

ثانياً: طريقة الأسطوانات أو الطريقة الحديثة:

تستعمل لإنتاج الأساسات الشمعية على نطاق تجاري ، وتعتمد فكرة هذه الطريقة على عمل شريط طويل من الشمع، يمرر بعد ذلك بين أسطوانتين لطبع العيون السداسية. ثم يقطع الشمع أوتوماتيكيًا على الأبعاد المطلوبة. وتتلخص خطوات هذه الطريقة فيما يلي:

١- صهر الشمع: بعد تنقية الشمع يوضع في إناء مزدوج الجدران، ويمرر بخار الماء بين جداري الإناء، فينصهر الشمع. ويجب ألا تزيد درجة حرارة الشمع المنصهر عن ١٠٠°م.

٢- تحضير الشمع على شكل شرائط ملساء: يتم ذلك بتمرير أسطوانة معدنية يتراوح قطرها من ١٠-٢٤ بوصة على محور، بحيث يلف في حوض الشمع المنصهر، فيلتقط سطح الأسطوانة طبقة من الشمع المنصهر الذي بمجرد أن يبرد يكون فرخ الشمع على شكل لفة، ويحدد سمك جدران الأسطوانة ونوع المعدن الذي تصنع منه معدل انتقال الحرارة خلالها، كما أن درجة حرارة الماء ومعدل تدفقه وتوزيعه داخل الأسطوانة يختلف باختلاف التصميم والتشغيل، وكل هذه العوامل تؤثر في كمية الشمع التي تلتقطها الأسطوانة.

٣- الصقل والفرد : إن الخطوة التالية في صناعة شمع الأساس، هي عمل فرد لرقائق الشمع لتكون بالسمك المطلوب، وذلك بالإضافة إلى أن الرقيقة الشمعية قد لا تكون

في سماكة واحدة. وذلك بإدخالها بين أسطوانتين ملساويين لتحسين السماكة (شكل ٢٠). ويختلف سمك الرقائق الشمعية بحسب الغرض ، إن كانت للقرص الشمعي العادي أو لإنتاج عسل بشمعه Chunk honey

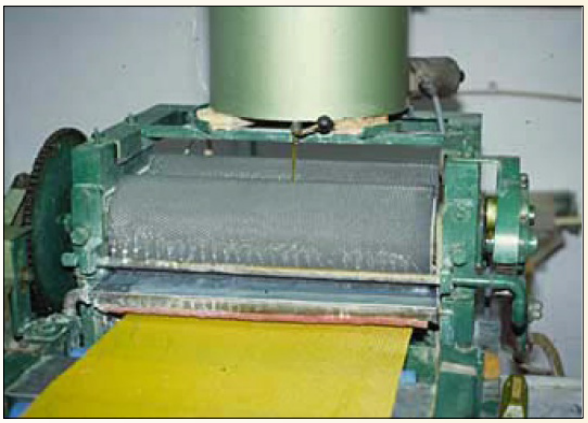
وقد تبدو هذه العملية بسيطة، ولكنها في الواقع عملية صعبة، حيث تحتاج إلى قوة شد ودفع لفرخ الشمع ودرجة حرارة معينة ومواد مانعة لالتصاق الفرخ على الأسطوانة.

٤- الطبع : وفيها يتم طبع العين السداسية على أسطح لفة الشمع الناتجة من العملية السابقة. وذلك بتمرير الرقائق الدقيقة للشمع بين أسطوانتين بالغتي الدقة مرسومتين بالحفر لطباعة المسدسات ونقشها، ويجب أن تكون هاتان الأسطوانتان دقيقتين جداً. (شكل ٢١).

٥- التقطيع: تستخدم فيها ماكينة خاصة لتقطيع لفة الشمع إلى الحجوم المرغوبة من الأساسات الشمعية آلياً.

٦- التعبئة: ترص هذه الأساسات في علب من الكرتون، كما في الطريقة السابقة.

يفضل الكثيرون استخدام الأساسات السميكة، حيث عيونها أقوى وأكثر انتظاماً، ولا تتغير أبعادها بارتفاع درجة الحرارة؛ فيتسبب عن ذلك عدم انتظام العيون السداسية، وعدم ملاءمتها لإنتاج الحضنة، هذا بالإضافة إلى أنها توفر جزءاً من مجهود الشغالات في إفراز الشمع، حيث يمكنها استغلال جزء من الشمع الموجود في بناء العيون.



شكل (٢٠): ماكينة فرد شمع الأساس

شكل (٢١): ماكينة طبع شمع الأساس

إن ألواح شمع الأساس غير المثبتة على الإطار سهلة الكسر في الفراز أو لدى تحريك الخلايا. فعندما صنع شمع الأساس وجد أن دعمه بأسلاك معدنية يزيد من قوته، وأفضل طريقة لتقوية شمع الأساس هي استخدام أسلاك تطمر في الشمع. ويمكن تسليك الإطار يدوياً أو شراؤه جاهزاً، وكلتا الحالتين تؤديان الغرض المطلوب، غير أنهما تخضعان لحسابات الوقت والمال وتوفرهما لدى النحال.

- أنواع الأساسات الشمعية:

ا- أساسات شمعية لحضنة الشغالات Worker cell foundations:

وهي الشائعة الاستعمال، وأبعاد الفرخ (اللوح) منها ٨×١٦ ٣/ ٤ بوصة ، وعيونها ضيقة، وتحتوي البوصة المربعة على ٢٧ أو ٢٨ عيناً سداسية في الجهة الواحدة، وتستعمل لإنتاج أقراص حضنة الشغالات worker brood combs، وأقراص لتخزين العسل، وحبوب اللقاح. وقد يوسع النحل العيون السداسية أحياناً، ويضع فيها بيض الذكور (البيض غير الملقح) أو يمطها لبناء بيوت ملكية (شكل 22-أ).

ولأساسات الحضنة عادة ثلاثة أنواع مختلفة من جهة السمك:

(أ) – أساسات شمعية خفيفة الوزن

وهذه لا تستعمل إلا قليلاً، وذلك لعدم انتظام العيون السداسية في القرص الشمعي المتكون، ويحتوي وزنة الكليو من ٢٠- ٢٢ فرخًا بالنسبة لإطارات لانجستروث (٨×١٦,٧٥ بوصة).

كما يتم استخدام الأساسات الخفيفة في إنتاج العسل الذي يستهلك بشمعه، مثل: قطاعات العسل الشمعية section comb honey، وقرص العسل الكامل bulk comb honey، وقطع العسل الشمعية cut comb honey، والعسل بشمعه chunk honey، حيث -على سبيل المثال- يكون عدد أساسات القطاعات الشمعية في الكيلو حوالي ٦٣ : ٦٥، وذلك في الأساسات ذات الأبعاد المربعة ٣,٨٧ بوصة.

(ب) – أساسات شمعية متوسطة الوزن

يحتوي وزن الكيلو فيها حوالي ١٨ فرخًا مقاس إطار لانجستروث.

(جـ) – أساسات شمعية ثقيلة الوزن

هي أفضل الأنواع الثلاثة في استخدامها في تربية الحضنة وتخزين العسل ويحتوي وزن الكيلو منها حوالي ١٥-١٦ فرخًا بالنسبة لإطارات لانجستروث ٨ × ١٦,٧٥ بوصة. أما بالنسبة لإطارات دادنت المعدلة ١٠ × ١٦,٧٥ فيحتوي وزن الكيلو منها حوالي ١٣-١٤ فرخًا فقط. ويفضل النحالون ذلك النوع من الأساس؛ لأنهم يعتقدون أنه أقوى، ويتحمل سوء الاستعمال.

٢- الأساسات الشمعية التي تستعمل لحضنة الذكور Drone cell foundations:

تستخدم في إنتاج الذكور للإكثار منها، وفي إجبار الملكات المتازة في وضع بيض ذكور، وقد تستعمل في تخزين العسل في الأقراص غير العميقة الموجودة في العاسلات. وقد وجد أن العيون الواسعة يسهل فيها سرعة تخزين العسل ونضجه، وكذلك سهولة استخلاصه بالطرد المركزي، ويوجد في البوصة المربعة ١٧ عينًا سداسية من الجهه الواحده.

غير أن كثيراً من مربي النحل يفضلون استعمال الأساسات الخاصة بالشغالات، تاركين للنحل الحرية في بناء العيون السداسية الخاصة بالذكور في أطراف القرص الشمعي وأركانه.

تقوية شمع الأساس

تسهيلاً لمهمة مربي النحل، فقد أدخلت ابتكارات وتحسينات أخرى على صناعة شمع الأساس بإنتاج النوعين الآتيين:

أ – أساسات شمعية مسلكة Wired foundations:

وقد قامت شركة Dadant Co. بأمريكا بصناعته، وذلك بغرس السلك في الشمع بواسطة تيار كهربائي ضعيف، ويوجد بالقرص ٩ أسلاك عمودية وسكان طوليان، ويحتوي الكيلوجرام على ١٥-١٦ فرخًا (شكل ٢٢-ب).

ب – الأساس الشمعي ذو ثلاث الطبقات 3-Play foundations:

وقد أنتجته شركة .Root Co بأمريكا، ويصنع من ثلاث طبقات، والطبقة الوسطي منها من شمع الكارنوبا، وذلك لتقوية الأساس الشمعي؛ لكي تتحمل الأقراص المعاملات المختلفة، فلا يتغير شكل العيون السداسية أو حجمها.

(أ)

(ب)

شكل (٢٢): بعض الأساسات الشمعية

أ – أساس شمعي عادي.

ب- أساس شمعي مسلك.

تثبيت الأساسات الشمعية بالإطارات Wiring and Embedding

قد يجمع النحال قبل عملية التثبيت أجزاء الإطار، وذلك بتثبيت قمة الإطار وقاعدته في جانبيه بإحكام بواسطة تسميرها بعضها ببعض مع ملاحظة استقامة وضعها، بحيث تكون غير منفرجة أو مقلوبة، كما يجب أن تكون زوايا الإطار قائمة تماماً.

الأدوات المستخدمة في عملية تثبيت الاساس الشمعي :

تمر عملية تقوية الأساسات الشمعية بمرحلتين:

المرحلة الأولي: تسليك البراويز Frame wiring

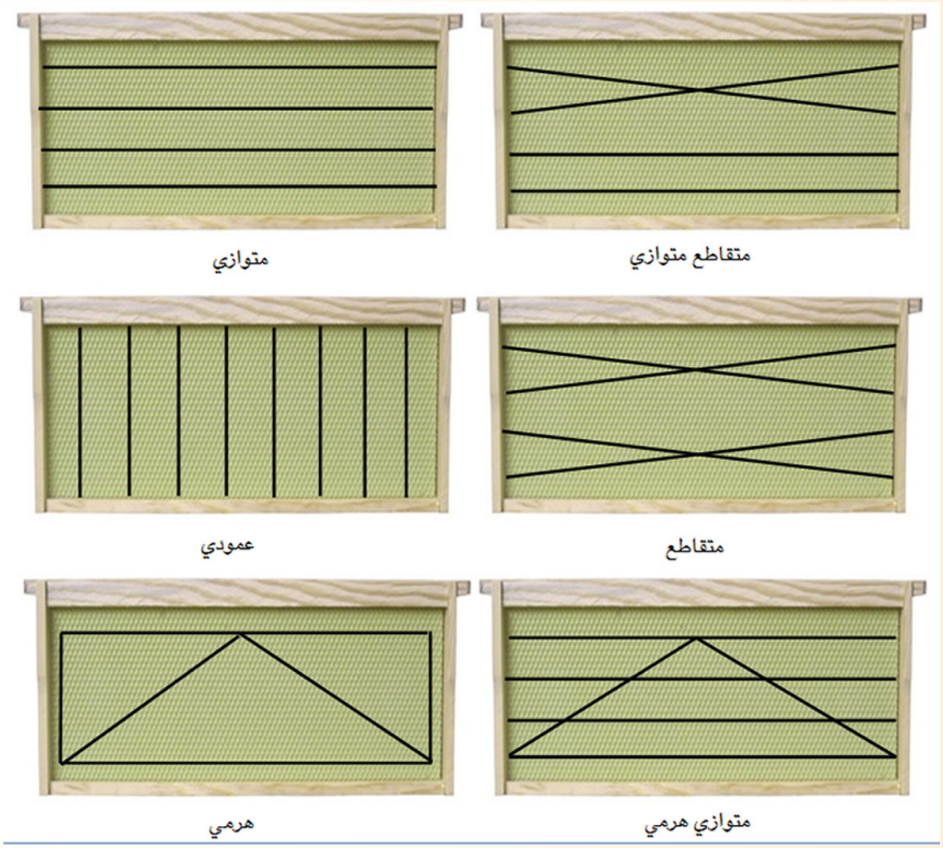
الأساسات الشمعية المتداولة في مصر أو المملكة العربية السعودية غير مسلكة، ولذلك فلا بد أولاً من تسليك الإطارات؛ كي يسهل إجراء عملية تثبيت الأساس الشمعي، ولكي يكون السلك بمثابة دعائم لها.

يمكن إجراء عملية التسليك في أي وقت من السنة، ويفضل إجراؤها قبل موسم الفيض والازهار الرئيس قبل الانشغال بموسم جمع العسل، والغرض من هذه العملية هو تثبيت السلك بالإطار، ويستخدم فيها سلك رفيع مجلفن رقم ٣٠، حيث يتم شد أربعة أسلاك متوازية تمر خلال ثقوب موجودة في السدابتين الجانبيتين للإطار الخشبي، ولزيادة تدعيم هذه الثقوب قد توضع بداخلها عيون دائرية معدنية تمنع السلك المشدود من احداث قطع في السدابة الخشبية الجانبية.

أ- توجد عدة طرق للتسليك، وجميعها تهدف إلى تقوية الأساس الشمعي حتي يتحمل القُرص المعاملات المختلفة. وهناك أنواع مختلفة من التسليك (شكل ٢٣) أهمها:

١- المتقاطع المتوازي (XII).
٢- المتوازي (II II).
٣- المتقاطع (XX).
٤- العمودي (III).
٥- الهرمي المتوازي (AII).
٦- الهرمي (A).

وأكثر هذه الطرق شيوعاً في بلادنا هو التسليك المتوازي، وكذلك الهرمي المتوازي.



شكل (٢٣): أشكال التسليك

ويتم شد السلك والتسليك باستخدام مجموهة من الادوات منها لوحة التسليك. ويقوم بعض النحالين بالاستغناء عن هذه اللوحة، ويتم شد السلك يدوياً باستخدام بنزة أو زردية.

وعند بداية التسليك يتم تثبيت مسمار شيشة صغير عند أول ثقب جانبي علوي في السدابة، ومسمار آخر عند آخر ثقب سفلي في السدابة، يتم فيهما ربط طرفي السلك المشدود وتثبيتهما.

ب – باستخدام جهاز يدوي للتسليك يسمي Compacta وفيه يتم تثبيت السلك على هيئة أضلاع مثلثات، وذلك بين قمة الإطار وقاعدته.

المرحلة الثانية : تثبيت الأساس الشمعي

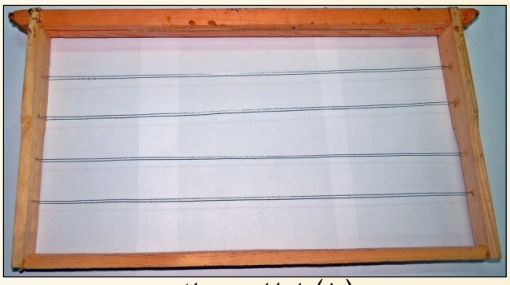
الغرض من هذه العملية هو تثبيت شمع الأساس في الإطار الذي تم تسليكه، ويتم ذلك بإحدى الطرق الآتية:

أ – استخدام لوحة التثبيت Embedding board

وهي لوحة خشبية بمقاسات الإطار من الداخل، ومغطاة بقطعة من القماش، تبلل بالماء قبل الاستعمال حتى لا يلتصق بها الشمع. وفي البداية يتم إدخال فرخ الأساس الشمعي بين الأسلاك الأربعة المتوازية التي تم تثبيتها، وذلك برفق بحيث يتبادل كل سلك مع السلك الذي يليه من الجانبين، بحث يكون هناك سلكان من خارج أحد الجوانب، وسلكان من الجانب الآخر. ثم يتم إدخال حافة الفرخ الشمعي في القناة الموجودة بالجانب السفلي لقمة الإطار.

ولجعل السلك مطموراً ومنغمساً في الأساس الشمعي، فإنه يتم وضع الإطار وبه الفرخ الشمعي على لوحة التثبيت، وباستخدام الدواسة التي تسمي عجلة تثبيت الأساسات الشمعية، وهي يد خشبية مثبت بها ساق معدنية، في نهايتها عجلة صغيرة من المعدن، حوافها مسننة تسنينًا مزدوجًا، بحيث يوجد بها تجويف يسهل انزلاق العجلة على السلك. حيث يتم تسخين هذه العجلة في حمام مائي قبل استخدامها. وبضغط هذه العجلة في اتجاه للأمام على السلك، فإن العجلة الساخنة تنزلق عليه مسببة رفع درجة حرارته، مما يسبب انصهار الشمع حول السلك، ومن ثم يتجمد مرة أخرى حول السلك، فيصبح السلك منطمراً داخل الأساس الشمعي. تكرر هذه العملية مع السلك في الوجه الآخر للإطار. فيختفي السلك في الوسط، ويلصق حواف الأساس الشمعي في جدران الإطار، فيصبح ثابت الوضع في مكانه. ويمكن تتبع خطوات تثبيت الأساس الشمعي في الشكل ٢٤

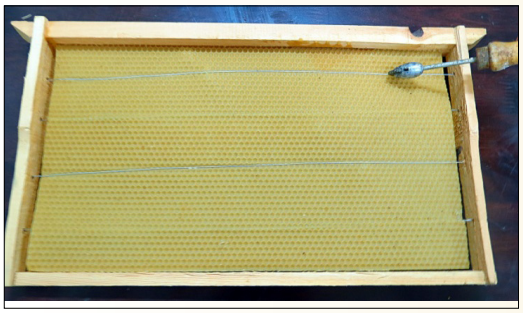
أما الأساسات الشمعية الخاصة بالقطاعات فتثبت بواسطة مكبس خاص Section block، وتلحم حوافها بجوانب الإطار الخاص بواسطة الشمع المنصهر.



(١) إطار مسلك

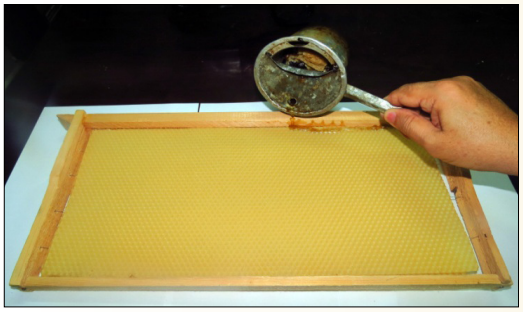
(٢) طريقة وضع الاساس قبل التثبت

(٣) تسخين عجلة التثبيت



(٤) غمر الاسلاك داخل الاساس

(٥) ابريق صهر الشمع



(٦) تثبيت الاساس الشمعى من القمه

شكل (٢٤) خطوات تثبيت الأساس الشمعي في برواز خلية لانجستروث

ب – تثبيت السلك باستخدام تيار كهربائي ضعيف:

وفيها يتم توصيل تيار كهربائي 12 فولت من أي مصدر كهربائي آخر مثل بطارية

سيارة مثلاً، حيث يتم توصيل القطبان الموجب والسالب بسلكين مفردين أحدهما واصل إلى جانبي السدابة العليا المثبت بها السلك عند مسار التثبيت العلوي، والقطب الآخر إلى الجانب السفلي من السدابة نفسها عند مسمار التثبيت السفلي. فيقوم هذا التيار الضعيف بتسخين السلك، ومن ثم ينصهر حوله الشمع، وعندئذ يفصل التيار الكهربائي فوراً، فيتجمد الشمع مرة ثانية حول السلك. وهذه الطريقة أسهل بكثير من الطريقة الأولى.

بعد ذلك، يتم تدعيم تثبيت فرخ شمع الأساس، وذلك عند حافة الفرخ العليا، وذلك باستخدام إبريق صهر الشمع الذي هو إناء مزدوج الجدران، يوضع به شمع النحل في الأسطوانة الداخلية، بينما يوضع الماء داخل تجويف الغلاف الخارجي؛ لذلك فهو أشبه بحمام مائي، حيث يوضع على موقد، فيغلي الماء، ومن ثم يسبب انصهار الشمع في الإناء الداخلي الذي يفتح للخارج عن طريق صنبور علوي. وعندما يسيل الشمع فإنه يتم صبه على الحافة العليا للفرخ الشمعي المثبت في الإطار، ومن ثم فإنه يملأ الفراغ بين قناة قمة الإطار والفرخ الشمعي؛ فيكسب الفرخ الشمعي تدعيماً أكثر بالإطار.

فوائد استعمال الأساسات الشمعية:

تعتبر صناعة الأساسات الشمعية في وقتنا الحاضر صناعة قائمة بذاتها، حيث تقوم كثير من المصانع بعمل التحسينات اللازمة في الآلات المستخدمة لإنتاج الأساسات الشمعية بسرعة وإتقان، ويمكن تلخيص الفوائد التي تعود على النحال من استخدام الأساسات الشمعية في الآتي:

١- توفير المجهود الذي يبذله النحل في إفراز مقدار كبير من الشمع من الغدد الشمعية، وكذا مجهوده في بناء الأقراص.

٢- توجيه مجهود النحل إلى الأعمال الأخرى في الخلية كرعاية الحضنة، وتغذيتها، وجلب الماء وحبوب اللقاح، وجمع الرحيق وخلافه.

٣- زيادة محصول العسل، فإن النحل لكي يبني ما يوازي وزنه كيلو من الشمع، يستهلك من ١٥ إلى ٢٠ كيلو من العسل.

٤- استقامة الأقراص الشمعية وعدم التصاقها بعضها ببعض أو بجدران الخلية، مما سهل إجراء عمليات النحالة المختلفة عند فحص الطوائف وعندئذ يسهل استخراج الإطارات من الخلية بدون تمزيق الأقراص أو إتلاف ما بها من الحضنة. أو سقوط العسل منها.

٥- سهولة نقل الإطارات المحتوية على أساسات شمعية من خلية لأخرى، كما يمكن تبادل المنفعة بين الطوائف عند الضرورة باستعارة أقراص بها حضنة وأخرى بها عسل، ووضعها في طوائف ضعيفة لتقويتها.

٦- سهولة القيام بعملية الفحص، وعدم هرس النحل، وتجنب هياجه.

٧- إنتاج قطاعات فاخرة من العسل الشمعي Sections ذات أوجه مسطحة مستوية، بحيث يمكن وضع كل منها داخل صندوق من الورق المقوى ذي وجهين من الزجاج، أو حزمها في الورق السلوفان لعرضها عرضاً شيقاً.

٨- إنتاج عسل سائل نقي جيد الخواص بواسطة استعمال الفراز مع عدم إتلاف الأقراص.

٩- زيادة حضنة الشغالات باستعمال الأساسات الخاصة بها، فيزداد بذلك عددها في الخلايا، وتصل إلى الدرجة المطلوبة من القوة، فيزداد محصول الطائفة من العسل.

١٠- السيطرة على حضنة الذكور، وإمكان إقلال عددها أو زيادتها وقت تلقيح الملكات.

١١- السيطرة على بيوت الملكات، إذ إن تثبيت الأساسات الشمعية، بحيث تملأ جميع فراغات الإطار، يقلل من بناء بيوت الملكات؛ لأن النحل لا يجد في هذه الحالة الفراغ الكافي لبنائها.

١٢- إمكان إعطاء النحل ما يلزمه من الأقراص في أي وقت يحتاج فيه إلى ذلك لاستخدامها في تخزين العسل أو تربية الحضنة، وبذلك لا يتعطل عن العمل. وكذلك إزالة الأقراص الزائدة عن حاجة النحل من الخلية، وحفظها بالمخزن لحين الحاجة إلى استعمالها ووقايتها من الإصابة بدودة الشمع.

١٣- يمكن استعمال الأقراص المحفوظة من الأساسات الشمعية لعدة سنوات متتالية.

مواصفات شمع الأساس المستخدم في تربية النحل:

(١) الأساس الشمعي فرخ من شمع النحل النقي، منقوش عليه من كلتا الجهتين بداية جدران العيون السداسية وقواعدها على قرص نحل العسل الشمعي.

(٢) لا يجوز إنتاج أي أساسات شمعية يدخل في تركيبها أي شموع نباتية أو حيوانية أو معدنية، بل تكون من شمع نحل العسل النقي، وأن يكون الشمع خالياً من الشوائب، وإذا وجد شيء من هذه الشوائب فلا يتجاوز ٢٪، ويجب أن تقتصر هذه الشوائب إذا وجدت على ما يتخلف من عملية استخلاص الشمع من مواد معلقة، كما هو مبين بطريقة الكشف عن الشوائب في الشمع.

(٣) يراعي في الشمع المستخدم في صناعة الأساس أن يكون مستوفياً الشروط الآتية:

أ- الوزن النوعي للشمع على درجة ١٥,٥° مئوية يتراوح بين ٠,٩٦٤ و ٠,٩٧٠ مقدراً بالطريقة الموضحه فيما بعد.

ب- درجة الانصهار تتراوح بين ٦١,٥ و ٦٥ درجة مئوية مقدرة بالطريقة المبينة بالملحق رقم (٣).

جـ- الرقم الحمضي يتراوح بين ١٦,٨ و ٢١,٢ ملليجرام أيدروكسيد البوتاسيوم للجرام الواحد من الشمع مقدراً بالطريقة المبينة في الملحق رقم (٤).

د - رقم الأستر يتراوح بين ٧٢ و ٧٨ مقدراً بالطريقة المبينة في الملحق رقم (٥).

هـ- رقم التصبن يتراوح بين ٩٠ و ٩٨ ملليجرام أيدروكسيد البوتاسيوم للجرام الواحد من الشمع، مقدراً بالطريقة المبينة في الملحق رقم (٦).

و - الرقم اليودي يتراوح بين ٧,٦ و ١١ مقدراً بالطريقة المبينة في الملحق رقم (٧).

(٤) يكون وضع العيون في فرخ الأساس وضعاً رأسياً.

(٥) يكون عدد العيون في البوصة المربعة في أساس الشغالات ٢٧ و ٢٨ عيناً سداسية، وفي أساس الذكور ١٨,٤٨ عيناً سداسية، وذلك في الوجه الواحد في الحالتين وذلك في حالة تربية سلالات النحل المستورد.

(٦) مقاس فرخ الأساس لانجستروث يكون ٨ × ١٦ ١/٤ بوصة مربعة.

(٧) وزن الرطل من الأساس الشمعي يحتوي من ٧-٨ فراخ في حالة أساسات الشغالات، أما في حالة الذكور فيحتوي الرطل عل ١٤ فرخًا تقريباً.

وفي حالة الأساسات الشمعية للقطاعات العسلية، يكون عدد القطع للرطل حوالي ٨٠ قطعة، وتصنع هذه الأساسات من شمع نحل نقي جداً.

(٨) يجب وضع ورق خفيف بين أفرخ الأساس الشمعي، حتى لا يلتصق الشمع بعضه ببعض، وبحيث لا يؤثر هذا الورق في وزن الشمع الصافي.

(٩) يجب أن تكون العيون واضحة الطباعة.

(١٠) يكون الشمع داخل علب كرتون عبوة ٥ أرطال، وأن يكتب عليها شمع أساس نقي مسلك أو غير مسلك، وتذكر جهة الإنتاج والوزن الصافي.

(١١) لا تسري هذه المواصفات على أفرخ الشمع المسماه أساس شمعي ذو ثلاث طبقات Play Foundation ٣ ، وهذا الأساس يتكون من طبقتين من شمع النحل النقي تتوسطها طبقة من شمع كارنوبا Carnoba Wax تبلغ ٥٠٪ من وزن هذا الفرخ الثلاثي.

الطرق التقليدية المستخدمة في الكشف عن الشوائب في شمع الأساس:-

هذه الطرق مطابقة لما هو وارد فيما يلي:

الملحق رقم (١)

طريقة الكشف عن الشوائب كالزيوت والشحوم والأحماض الدهنية والشمع الياباني والراتنجات في شمع الأساس

يغلى ٥ جرامات من الشمع مع ٨٠ ملليلترًا من محلول مائي (١٠٪) من إيدروكسيد الصوديوم في قنينة زجاجية بمكثف راد لمدة ١٠ دقائق، ثم تبرد القنينة بمحتوياتها، ثم ترشح المحتويات خلال صوف زجاجي أو اسبستس، ويضاف حمض الكلوريدريك إلى المرشح حتى يصبح المحلول حمضياً ؛ فإذا كان الشمع خالياً من المواد السابق ذكرها فلن يتعكر المحلول.

طريقة الكشف عن الخلو من السريزين والبارافين والشموع الأخرى:

(١) يغلى حوالي جرام من الشمع في قنينة بمكثف راد مع ١٠ ملليلترات من محلول كحولي ١/٢ عياري من إيدروكسيد البوتاسيوم، و١٠ ملليلترات من الكحول (٩٥٪) لمدة ساعة.

(٢) يفصل المكثف من القنينة ويغمس ترمومتر في المحلول، ويترك المحلول ليبرد مع الرج باستمرار أثناء ذلك.

يجب ألا يتعكر المحلول عند درجة حرارة أعلى من ٦١ مئوية، بل يبدأ في التعكر فيما بين درجة ٦١ و ٥٩ مئوية، ولا يترسب منه راسب في درجة أقل بمقدار درجتين مئويتين من الدرجة التي بدأ عندها التعكر.

الملحق رقم (2)

طريقة تقدير الوزن النوعي للشمع

١- توزن جفنة من النيكل أو أي معدن مناسب، وذلك بتعليقها بخيوط قطنية سبق غمسها في شمع منصهر بالخطاف الأعلى لكفة الميزان، وليكن الوزن (أ).

٢- توزن الجفنة ثانية أثناء غمرها في ماء درجة ١٥,٥ مئوية موضوع في كأس زجاجي متسع، يسمح بغمر الجفنة بدون أن تلمس جدار الكأس أو قاعه، بحيث يستقر الكأس فوق كوبري قائم عبر كفة الميزان؛ لكي لا يلمس أي جزء من الكفة، وليكن الوزن (ب).

٣- يصهر الشمع في أقل حرارة تكفي لصهره ، وبعد تجفيف الجفنة تماماً مما علق بها من الماء، يصب الشمع المنصهر في الجفنة بكمية مناسبة، ثم يترك ليجمد ويبرد إلى درجة الغرفة، ثم توزن الجفنة مع الشمع بالطريقة المتبعة في البند (١) ، وليكن الوزن (جـ).

٤- تغمر الجفنة بما تحتويه من الشمع في ماء بارد في درجة ١٥,٥ مئوية لمدة ساعة على الأقل، ثم تسحب وتوزن بالطريقة المبينة في بند (٢) ، وليكن الوزن (د).

يحسب الوزن النوعي للشمع كما يلي:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{١}{\frac{\text{ب} - \text{د}}{\text{جـ} - \text{أ}} + }$$

الملحق رقم (3)

طريقة تقدير درجة الانصهار

الجهاز المستعمل للتسخين:

(أ) وعاء زجاجي ذو شكل وسعة مناسبين ومحتوٍ على ماء.

(ب) أداة مناسبة لتقليب الماء في الوعاء الزجاجي أثناء التجربة.

(جـ) ترمومتر قياسي دقيق من صفر إلى ١٠٠ درجة مئوية.

(د) أنبوبة زجاجية شعرية مفتوحة الطرفين، سمك جدرانها من ٠,١ إلى ٠,١٥ ملليمتر، وقطرها الداخلي من ٠,٩ إلى ١,١ ملليمتر، وذات طول مناسب.

طريقة الاختبار:

١- يصهر الشمع في أقل درجة حرارة ممكنة لصهره، ثم يسحب جزء من الشمع المنصهر إلى داخل الأنبوبة الشعرية، بحيث يبلغ ارتفاع الشمع حوالي سنتيمتر واحد، وتترك الأنبوبة في الثلج لمدة ساعتين على الأقل.

٢- يسخن الماء في الوعاء الزجاجي حتى تصل درجة حرارته إلى أقل من درجة انصهار الشمع المتوقعة بمقدار ٥ درجات مئوية. تثبت الأنبوبة في الترمومتر، بحيث يكون طرفها الأسفل مقابلاً لمنتصف مستودع الزئبق، ثم يغمس الترمومتر مع الأنبوبة في الماء الموضوع في الوعاء، بحيث يكون السطح الأعلى للشمع في الأنبوبة منخفضاً عن سطح الماء بحوالي سنتيمتر واحد.

٣- ينظم ارتفاع درجة الحرارة بحيث يكون الارتفاع من نصف درجة إلى درجة واحدة في كل دقيقة، وتكون الدرجة التي يرتفع بعدها عمود الشمع (المنصهر جزئياً) إلى أعلى الأنبوبة هي درجة انصهار الشمع.

الملحق رقم (4)

طريقة تقدير الرقم الحمضي

الرقم الحمضي هو عدد ملليجرامات أيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الطليقة في جرام واحد من الشمع.

الطريقة:

توزن بدقة حوالي ٥ جرامات من الشمع، ثم تذاب في ٢٠ ملليلتر من الكحول اللامائي (السابق معادلته باستخدام محلول فينول فيثالين ككشاف) وتعادل بمحلول كحولي $^{١}/_{٢}$ عياري من أيدروكسيد البوتاسيوم (باستعمال محلول فينول فيثالين ككشاف).

فإذا كان:

أ = عدد ملليلترات محلول أيدروكسيد البوتاسيوم اللازم للتعادل.

ك = الوزن بالجرام للشمع المستعمل في التجربة.

$$\text{فإن الرقم الحمضي} = \frac{\text{أ} \times ٠,٠٢٨٠٥ \times ١٠٠٠}{\text{ك}}$$

الملحق رقم (5)

طريقة تقدير رقم الأستر

يحسب رقم الأستر للشمع بطرح الرقم الحمضي من رقم التصبين (المبينة طريقة تقديره في الملحق رقم ٦.

أي أن رقم الأستر = أ – ب

إذا كان: أ = رقم التصبين. ب = الرقم الحمضي.

الملحق رقم (6)

طريقة تقدير رقم التصبن

رقم التصبين هو عدد ملليجرامات أيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتصبن جرام واحد من الشمع.

الطريقة:

١- توزن بدقة حوالي ٥ جرامات من الشمع وتغلى مع ٢٥ ملليلتر من محلول كحولي (لامائي) عياري من أيدروكسيد البوتاسيوم لمدة ساعة وربع في قنينة زجاجية بمكثف راد، ثم تعادل محتويات القنينة وهي ساخنة بمحلول عياري من حمض الكلوريدريك مع استعمال محلول فينول فيثالين ككشاف.

٢- تجرى التجربة السابقة نفسها في الوقت نفسه، ولكن بدون شمع.

فإذا كان :

أ = عدد ملليلترات حمض الكلوريدريك اللازمة للتعادل مع الشمع.

ب= عدد ملليلترات حمض الكلوريدريك اللازمة للتعادل في التجربة المماثلة بدون شمع.

ك = الوزن بالجرام للشمع المستعمل في التجربة.

$$\text{فإن رقم التصبين} = \frac{(\text{ب} - \text{أ}) \ ٠,٠٥٦١ \times ١٠٠٠}{\text{ك}}$$

١- تذاب ٨ جرامات من ثالث كلورور اليود في حوالي ٢٠٠ ملليلتر من حامض الخليك الثلجي.

٢- تذاب ٩ جرامات من اليود في ٣٠٠ ملليلتر من رابع كلورور الكربون.

٣- يمزج المحلولان ١ و ٢ أحدهما بالآخر، ثم يضاف إلى المزيج مزيداً من حمض الخليك (الثلجي) لإكمال حجم المحلول إلى ١٠٠٠ ملليلتر.

ويحتفظ بمحلول (فيجس) في زجاجات محكمة الغلق في مكان مظلم بارد.

الملحق رقم (7)

طريقة تقدير الرقم اليودي

١- يوزن بدقة حوالي ٢ جرام من الشمع في قنينة جافة سعة ٢٥٠ ملليلتراً مزودة بسدادة زجاجية، ويذاب الشمع بإضافة ١٠ ملليلتر من رابع كلورور الكربون مع الرج ومع التدفئة البسيطة إذا لزم الأمر حتى يذوب الشمع.

٢- تضاف ٢٠ ملليلتر من محلول أول كلورور اليود (تنظر طريقة التحضير)، وتسد القنينة بالسدادة الزجاجية بعد تنديتها بمحلول مائي من يودور البوتاسيوم (١٠٪)، وتوضع القنينة بمحتوياتها في مكان مظلم لمدة نصف ساعة في درجة ١٧ مئوية تقريباً.

٣- يضاف ١٥ ملليلتر من محلول يودور البوتاسيوم (١٠٪)، ومائة ملليلتر من الماء، ثم ترج محتويات القنينة، وتعادل بمحلول $^{١}/_{١٠}$ عياري من ثيوسلفات الصوديوم مع استعمال محلول النشا (١٪) ككشاف، وتسجل عدد ملليلترات ثيوسلفات الصوديوم اللازمة لذلك، ولتكن (أ).

٤- تجرى العملية المذكورة في ١ و ٢ و ٣ وفي الوقت نفسه، ولكن بدون شمع، ويسجل عدد ملليلترات ثيوسلفات الصوديوم اللازمة لها، وليكن (ب).

ويحسب الرقم اليودي كما يلي:

$$\text{الرقم اليودي} = \frac{(\text{ب أ}) \times ٠,٠١٢٦٩ \times ١٠٠}{\text{وزن الشمع الموجود بالجرام}}$$

الباب السابع

الاستخدامات الصناعية والطبية لشمع النحل

Industrial and medicinal uses of bees wax

مقدمة:

استخدم شمع النحل استخدامات عملية عديدة في الماضي والحاضر، كما أن هناك تزايدًا في الطلب عليه بصفة مستمرة في البلاد المتقدمة، مثل الولايات المتحدة وبعض دول أوروبا. وشمع النحل يعتبر من المواد القابلة للتصدير من بعض الدول التابعة لأمريكا الوسطى والجنوبية وكذلك أفريقيا، حيث تنتشر النحالة التقليدية التي تعتبر المصدر الأساس لإنتاج الشمع الخام.

ولا يزال شمع النحل سلعة خاصة أسعارها مرتفعة دائماً؛ لأن شمع النحل مزيج من عديد من المركبات، ولا يمكن تقليده صناعياً. كما لا توجد حتى الآن مواد بديلة له بشكل كامل، ولذا لا يزال يشكل جزءاً مهماً من دخل النحال في العديد من دول العالم. كما يعتبر شمع النحل الأساس في الصناعة الرئيسة المؤثرة في تربية النحل في الخلايا الحديثة، وهي صناعة الأساسات الشمعية التي سبق الحديث عنها.

ويستخدم شمع النحل في العديد من الصناعات التقليدية، والصناعات الدوائية، ومركبات التجميل، وصناعة شموع الإضاءة، بالإضافة إلى استخداماته الطبية المتعدده.

وتعزى القيمة العلاجية لشمع النحل إلى مكوناته الأساسية من الكحولات الدهنية والصبغات والسيرولين ceroleine وفيتامين أ A حيث الجرام الواحد من الشمع به ٤٩,٦ وحدة من فيتامين أ ، والمواد المانعة لنمو البكتريا Bacteriostatic ، كما أن للشمع خواص مطرية (ملينة) وملطفة emollient ومهدئة cicatrizing ومضادة للالتهابات، وعلاوة على ذلك فإن المواد الملوثة وغيرها التي لم تدرس بعد ، والتي تستخلص من النباتات ترتبط بهذه الخواص العلاجية، وتعمل بالارتباط مع منتجات النحل الأخرى، ويعتبر شمع النحل هو أقل منتجات النحل إحداثاً للحساسية، حيث يوجد تقرير واحد يوضح أن شمع النحل قد يسبب حساسية للجلد في بعض الأحيان (Lucente et al., 1996). ومن أمثلة استخدام الشمع في المجالات المختلفة بجانب استخدامه في تصنيع الاساسات الشمعية.

أولاً: استخدام شمع النحل في بعض المجالات الصناعية المختلفة:

يدخل شمع النحل كمكون رئيس ومهم في العديد من الصناعات والحرف، قدرت بنحو ١٢٥ صناعة، ومن أمثلتها:

- صناعة ورنيش الأحذية والأرضيات، وورنيش طلاء السيارات.
- تقوية الخيوط المستعملة في حياكة الجلود.
- صناعة المواد اللاصقة.
- صناعة النسيج وقماش الخيام.
- أقلام الطباشير الملونة (الباستيل).
- الحبر.
- مواد التشحيم.
- تغطية المعادن لوقايتها من الأحماض.
- صناعة الورق المقوى.
- صناعة العوازل للملفات الكهربائية.
- صناعة الكمبيوتر والأسطوانات المدمجة.
- شمع الأختام.
- مواد صقل الحلي.
- مواد الصباغة.
- صناعة ورق الكربون.
- صناعة الإلكترونيات.

ويوضح شكل (٢٥) أمثلة لبعض المنتجات الصناعية التي يدخل في تركيبها شمع النحل.

شكل (٢٥): أمثلة لمنتجات صناعية يدخل في تركيبها شمع النحل

ثانياً: استخدام شمع النحل في صناعة شموع الإضاءة:

تُعد صناعة شموع الإضاءة هي الصناعة الرئيسة من شمع النحل على مدى آلاف السنين، إذ تصنع منه شموع إضاءة ذات مواصفات عالية للمنزل والأغراض الدينية. إذ تعطي الشمعة المصنوعة من شمع النحل إضاءة قوية، وفي الوقت نفسه يفوح منها عطر طيب، وهي تحترق ولا تدخن، ومن ثمّ فهي أقل تأثيراً في ألوان الأشياء القريبة منها، لقد قل استخدام شمع النحل في السنوات الأخيرة لصناعة شموع الإضاءة لأسباب عدة، ربما كان ارتفاع التكلفة أهمها، ويفضل شمع النحل عن شمع البرافين في ذلك الأمر حيث إن درجة انصهاره أعلى من درجة انصهار شمع البرافين، ومن ثمّ فلا تثنى الشموع المصنوعة منه عند إشعالها.

تتألف شمعة الإضاءة من الشمع الذي يتألف بشكل رئيس من الكربون والهيدروجين، مثبتاً حول فتيل، يحول الشمع إلى لهب. ولا يمكن للشمعة أن تحترق دون فتيل بالحجم الصحيح والتركيب الصحيح. وقبل أن نكمل، لابد من معرفة كيفية عمل شمعة الإضاءة وفهمها. فقد كتب الدكتور كوغشال: «حين تضاء الشمعة للمرة الأولى، يزحف اللهب إلى أسفل عبر الفتيل حتى يذيب بعض الشمع الذي يبرز عن طريق الخاصية الشعرية في الفتيل؛ ليغذي اللهب، ويزيد من حجمه. وتبقى هناك «بركة» من الشمع السائل باستمرار، ويتحرك الشمع

الذائب للأعلى تاركاً ما يشبه فنجاناً، يتسع حجمه ببطء مع استمرار الشمعة بالاحتراق. يتشكل الفنجان بسبب حركة الهواء للأعلى من قوة التيار الناشئ عن حرارة الشمعة وبرودة الطبقة الخارجية لها. يذوب الجزء المتجه نحو المركز من اللهب الذي يتجه نحو أسفل الفتيل قدر الإمكان، قبل أن يطفئه السائل الشمعي.

هناك طرق متنوعة لصناعة الشموع، بما في ذلك التغطيس والسكب والقولبة والدرج والبثق والسحب والضغط. لكن ما يناسب صناعتها عملياً في البيت التغطيس والقولبة ؛ لأن الطرق الأخرى تتطلب آلات وطرقاً معقدة، والشكل رقم (٢٦) يوضح أمثلة لنماذج وأشكال مختلفة من شموع الإضاءة.

شكل (٢٦) نماذج وأشكال مختلفة من شموع الإضاءة.

ثالثاً: استخدام شمع النحل في بعض المجالات الزراعية (شمع التطعيم)

فضل العاملون في البستنة مدة طويلة شمع النحل لتغطية الطعوم الجديدة، والغرض الرئيس من ذلك هو منع إصابة النباتات المطعمة بالفطريات والبكتيرياعن طريق الجروح. والشمع المستخدم في الزراعة يجب أن تكون له مواصفات نوعية، كالطراوة والليونة؛ ليغطي الطعوم جيداً، وفي بعض الأحيان يستخدم حاراً. كذلك يجب أن يكون غير سام، ويتحمل البقاء شهرين على الأقل، بينما يلتحم الطعم مع الأصل. وقد كانت الخلطة التالية مرغوبة: جزء من شمع النحل، مع جزء من الراتنج، وكمية كافية من الشحم الحواني، بحيث يصبح المزيج طرياً، وأخيراً كان يضاف الفحم الحجري الأرضي أحياناً لتجنب وصول أشعة الشمس إلى خلايا النبات النامية.

كما تستخدم في تغليف الثمار المخصصة للتصدير، مثل الرمان والبرتقال واليوسفي، والتفاح مما يعطي الثمار لوناً لامعاً، ويحميها من الخدوش والإصابة بالتعفنات الفطرية، ويقلل من نسبة فقد رطوبة الثمرة عن طريق القشرة شكل (٢٧).

شكل (٢٧) نموذج لتغليف ثمار التفاح بطبقة من شمع النحل.

رابعاً: استخدام شمع النحل في صناعة المستحضرات الطبية:

يستخدم العديد من المصانع شمع النحل النقي لتغطية بعض الحبوب الدوائية لتسهيل عملية الهضم، غير أنها تؤخر عملية الذوبان، كما يمكن أن تخرج مع بعض الأدوية، حيث تؤخر تحرر تلك الأدوية مدة معينة عند تناولها.

خامساً: استخدام شمع النحل في مواد التجميل:

لا تزال مصانع مواد التجميل تستخدم شمع النحل على نطاق واسع، حتى لو كانت الكمية التي تستخدم في مختلف السلع تشكل نسبة مئوية قليلة. لقد أدركت مصانع المواد التجميلية الميزات العديدة لشمع النحل: فهو لا يتزنخ ، ولا يثير الجلد ، ويحمل اللون بشكل جيد، ويعمل مثبتاً للمكونات الأخرى.

وهناك ما يزيد على خمسين منتجاً لمواد التجميل تحتوي على شمع النحل، مثل: الكريم البارد الذي يستخدم لتنظيف الجلد الذي يحتوي على ٨-١٢٪ شمع نحل، وكان يمزج قديماً مع زيت الزيتون والماء. ولكن لوحظ أن زيت الزيتون يتزرنخ، مما يجعل ذلك النوع من

الكريم قصير العمر؛ ولذا استخدمت معه بعض الزيوت المعدنية كبديل لزيت الزيتون لتقليل احتمالات التزرنخ. كما يستخدم شمع النحل في تحضير أحمر الشفاه، وأحمر الخدود، وأقلام الحواجب، وأقلام الرموش، والدهانات العطرية، ومزيلات الشعر الزائد، وكثير من اللوسيونات، والشكل (٢٨) يوضح بعض تلك المنتجات .

شكل (٢٨) أمثلة لمنتجات ومواد تجميل يدخل في تركيبها شمع النحل.

سيجد المهتم بهذا الشأن الكثير من المجلات والكتب التي تتحدث عن ذلك، وتعطي الكثير من المعلومات المختلفة عن طرق التركيب المستخدمة. وقد كانت صناعة مواد التجميل سراً ذات يوم، ولكنها اليوم متاحة للجميع. وسنذكر فقط أمثلة لتحضير بعض أنواع الكريمات المذكورة في كتاب (نحل العسل في القرآن والطب).

طرق تحضير الكريمات واستعمالها :

- **كريم التنظيف:** ٦ جم شمع نحل + ٦ جم شمع سبيرماسيتي + ٢٤ جم زيت خوخ + ٤ جم جلسرين.
- **كريم الجلد الدهني:** ٥ جم شمع نحل + ٥ مل كحول نشادري + ٧,٥ ملي ماء.
- **كريم علاج التجاعيد:** ٣٠ جم شمع نحل + ٣٠ جم عسل + ٣٠ جم عصير بصل + ٣٠ جم عصير أزهار الزنبق الأبيض.

- **قناع مغذي:** ٥ جم شمع نحل + ٧٠ جم عسل + عصير بصلة واحدة من الزنبق الأبيض.
- **المراهم الصناعية:** ١٠ جم شمع نحل + ١٠ جم زيت خوخ + ١٠ جم لانولين + ٥ جم فازلين + ١/٢ جم كبريتات زنك + ١ جم نترات بزموت + ٨ جم أكسيد زنك، يحافظ على رطوبة الجلد ويحميه من الجفاف.

- يسخن الشمع في حمام مائي حتى الانصهار، بينما تخلط المكونات الأخرى في هاون من الفخار أو الصيني، ثم يضاف إليها الشمع المنصهر، ويقلب بعصا خشبية حتى يبرد تماماً.

- يغسل الوجه بماء دافئ، وتوضع عليه كمية كبيرة من الكريم، وبعد ٢٥-٣٠ دقيقة يزال الكريم الزائد بورقة ناعمة أو فوطة نظيفة، ثم بعد وقت قصير يزدهر الوجه.

سادساً: استخدام شمع النحل في علاج الأمراض:

١ – علاج إنسداد الأنف والتهاب الجيوب الأنفية:

يستخدم شمع النحل في وقاية الجهاز التنفسي وإكسابه مناعة قوية ضد الميكروبات، وعلاج الزكام الشديد، وانسداد الأنف، والتهاب الجيوب الأنفية. وقد أكدت الاختبارات المتعددة حدوث الشفاء السريع باستخدام شمع النحل.

الجيوب الأنفية جزء مهم في الجهاز التنفسي؛ لأنها متصلة بالممرات الأنفية، وتساعد على ترشيح الهواء الذي نتنفسه وترطيبه وتدفئته، ونظراً لأنها مساحات مجوفة في العظام فإنها تؤثر في الصوت وتخفف وزن الجمجمة.

والأغشية التي تبطن هذه الجيوب سمكها حوالي مليمتر واحد، مغطاة بوسادة من الأهداب أو الشعيرات الدقيقة، ومن هذه الوجهة فهي تشبه السطح الداخلي للأنف الذي

له بطانة مماثلة، وتتحرك الأهداب للأمام وللخلف؛ فتعمل هذه الحركة على طرد المخاط من التجويف، ولها تنظيم في غاية الكفاءة للتنظيف الذاتي.

وعند التهاب جيب أو أكثر من الجيوب الأنفية عادة ما يظهر على أساس من التفاعل القلوي للبول. وعند مضغ شمع العسل يتحول تأثير البول إلى حمضي بدلاً من قلوي، أي أنه يغير كيمياء الجسم بسرعة غريبة. وكمية شمع العسل لمضغة واحدة يمكن تقديرها بمثل مضغة عادية من اللبان، فتؤخذ مضغة واحدة من شمع العسل كل ساعة لمدة ٤-٦ ساعات، وتمضغ كل كمية مدة ١٥ دقيقة، ثم يلفظ الباقي منها، فإذا كانت الإصابة حادة فإن ٤-٦ مضغات تزيل أعراض المرض في ظرف يوم واحد أو نصف يوم، حيث يتفتح الأنف ويزول الألم، ويعود النشاط للجسم وتصبح الجيوب الأنفية طبيعية.

ومن المستحسن أن تؤخذ مضغة واحدة من شمع العسل مرة يومياً لمدة أسبوع آخر لمنع عودة المشاكل في الحال. كما أن استعمال شمع العسل يمكن به الوقاية من حمي الدريس وعلاجها.

٢ – علاج التهاب المفاصل والأعصاب:

شمع النحل الدافئ له خصائص ممتازة للتدفئة عندما يستخدم في علاج التهاب الأعصاب والمفاصل، ولهذا السبب اقترح الطبيب البلغاري Pochinkova (1992) استخدام شمع النحل للعلاج الحراري Thermo-therapy لعلاج العضلات، والتهاب الأربطة، والآلام أسفل الظهر، والنقرس؛ وذلك بالطريقة الآتية:

تغطس قطعة من قماش القطن الناعم بعد قطع مساحة منها بحسب الجزء من الجسم المراد تغطيته، وتوضع في شمع سائل، ثم توضع على سطح مستوٍ، وتترك للتجميد على درجة حرارة الغرفة. وقبل الاستخدام تدفأ في فرن على درجة أقصاها ٥٠°م، ثم توضع مباشرة على جزء الجسم المراد علاجه، وتترك طوال الليل بعد وضع غطاء عازل أعلاها، ويمكن لقماش الشمع أن يستعمل أكثر من مرة. وقماش الشمع قد يكون متاحاً في بعض الصيدليات أو أماكن بيع الأدوية في بعض الدول. يوضح شكل (رقم ٢٩) استخدام تلك الضمادات على صدر طفل لعلاجه من أمراض البرد والكحة.

شكل (٢٩): استخدام ضمادات شمع النحل لعلاج البرد في الأطفال

٣ – علاج بعض أمراض الجهاز الهضمي:

يعتبر الشمع مادة ملينة وملطفة ومهدئة. وقد أتضح حديثاً أن مضغ الحلويات المحتوية على العسل والشمع مفيدة، حيث تسبب زيادة إفراز اللعاب الذي يزيد القدرة الإفرازية والهضمية للمعدة، ويزيد من امتصاص المواد الغذائية (Pot Schinkva, 1992) ، ويؤثر جيداً في الدورة الدموية وقوة العضلات.

- في مجال طب الأسنان:

استخدام شمع النحل مع العسل يفيد في علاج التهابات اللثة وتسوس الأسنان، حيث ينظف الأسنان من الرواسب، ويقوي اللثة . كما يستعمل في طب الأسنان لعمل نماذج ومقاسات الفكوك عند عمل التركيبات الصناعية للأسنان.

- علاج الأمراض الجلدية:

يستخدم شمع النحل في إزالة القروح إذا استعمل مع زيت البنفسج، كما يشفي الدمامل. وقد سجل Lavie (1960) أن لشمع النحل فعل مضاد للبكتريا التي تصيب الجلد.

في الطب الشعبي الروسي تم خلط شمع النحل مع الزبدة لعلاج الثعلبة. وعند استخدام شمع النحل لتحسين حالة الجلد، لوحظ أنه أعطى ليونة، وأعطى نضارة ونعومة.

الباب الثامن

تخزين شمع النحل

Bees wax storage

يمثل تخزين الأقراص الشمعية مع المحافظة عليها من عوامل التلف أثناء التخزين لحين استخدامها في الموسم التالي استثماراً مهماً للنحال، حيث يبذل النحل وكذلك النحال كثيراً من الوقت والجهد من أجل عملية بناء أقراص شمعية جيدة؛ إذ يمكن إعادة استخدام الأقراص القديمة في الخلايا مرة أخرى لعدة سنوات، إذا حفظت بحالة جيدة أو نالت العناية المناسبة أثناء فترة التخزين.

إجراءات ما قبل تخزين الأقراص الشمعية:

وما يجب مراعاته قبل القيام بعملية تخزين الأقراص الشمعية التي يتم استخراجها من الطوائف في نهاية موسم النشاط وبداية موسم الركود في الشتاء اتّباع الآتي:

١- تعاد الأقراص التي يتم استخراجها أثناء عملية فرز العسل إلى طوائفها مرة أخرى، وتترك لمدة يوم أو يومين، إذ إن من فوائد ذلك:

أ- يستطيع النحل إعادة بناء ما تدهم من العيون السداسية وترميمها بإفراز شمع حديث من الغدد الشمعية للشغالات.

ب- تأخذ الشغالات كميات العسل المتبقية على جدر العيون السداسية بعد فرزها، وتقوم بإعادة صقلها وإعدادها مرة أخرى لتربية الحضنة أو لتخزين العسل أو حبوب اللقاح، وتصبح الأقراص بعد ذلك جافة؛ حيث إن بقاء جزء من العسل داخل العيون السداسية سيؤدي إلى حدوث التخمر للعسل المتبقي في حالة زيادة نسبة الرطوبة في الجو المحيط، مما يعطي رائحة كريهة للإطارات، أو قد يحدث في كثير من الأحيان تحبب لمتبقيات العسل داخل العيون السداسية، مما يؤدي إلى سرعة إحداث تحبب لمحصول العسل الجديد في العام التالي.

ولكن يجب مراعاة أن ترفع الأقراص الفارغة بعد إعادة ترميمها وصقل العيون السداسية من الخلايا إلى المخزن، قبل إعادة تخزين العسل في أماكن متفرقة منها مرة أخرى.

وقد يقوم بعض النحالين بدلاً من إعادة نفس عدد الأقراص التي تم استخراجها من الخلايا إلى طوائفها نفسها لترميمها وتنظيفها من بقايا العسل إلى اتباع إحدى الطريقتين الآتيتين:

١- يقوم النحال بتجميع الإطارات في صناديق العاسلات، حيث تكوم خارجياً في مجموعات ٣-٤ صناديق بعضها فوق بعض ، وبعيداً عن خلايا المنحل بمسافة مناسبة للسماح للنحل السارح أن يجمع ما تبقي فيها من عسل عقب الفرز بحرية قبل وضعها في المخزن، غير أنه يعاب على تلك الطريقة أن النحل الجامع يقوم بتمزيق بعض جدر العيون السداسية، وتتراكم كمية من الشمع المتساقط أسفل الصناديق، ولكن هذا الأذى الحادث قد لا يكون في الغالب كثيراً.

٢- استخدام طريقة تجميع الإطارات في صناديق العاسلات الموضوعة فوق الخلايا القوية، بحيث يفصل بين صندوق العاسلة وصندوق التربية غطاء داخلي مع ترك الفجوة الموجودة بالغطاء مفتوحة. يتم ذلك بعد انتهاء موسم جمع العسل وبداية فصل الخريف، حيث تقوم الشغالات بتنظيف العيون السداسية بعناية، كما أن النحل لا يؤذي الأقراص، ولكن يجب مراعاة عدم ترك الإطارات فترة طويلة؛ حتى لا يقوم النحل بتخزين العسل مرة أخرى في عيون الأقراص عشوائيًا، وذلك مع ضعف مصادر الرحيق خلال فترة الخريف.

إصابة الأقراص الشمعية بالآفات في المخزن:

تصاب الأقراص الشمعية القديمة سابقة الاستخدام في تربية الحضنة وتخزين الغذاء بديدان الشمع، غير أن الشمع النقي أو الأساسات الشمعية غير قابلة للإصابة، إذ تحتاج ديدان الشمع إلى بيئة غذائية كاملة؛ لذا فهي تعيش على الأقراص الشمعية المحتوية على بعض العسل وحبوب اللقاح، أو التي تمت تربية الحضنة بها، وتحتوي على جلود انسلاخ.

يوجد من ديدان الشمع نوعان رئيسان، يعتبران من الحشرات المدمرة للأقراص الشمعية خاصة المخزن منها، وهما:

١- دودة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella*.

٢- دودة الشمع الصغيرة *Achroia grisella*.

دودة الشمع الكبيرة تعتبر هي الأعم والأكثر انتشاراً، وقد تكون الفراشات والحشرات الكاملة غير معروفة لدى بعض النحالين، ويوضح (الشكل ٣٠) الفرق بين نوعي الفراشات. ويعرف معظم النحالين من أطوار الحشرة اليرقات التي تسبب ضرراً بليغاً إذا أهملت مقاومتها في أقراص الشمع والعسل، وقد يطلقون عليها اسم عثة الشمع . وقد تصيب ديدان الشمع الأقراص الشمعية في الطوائف الضعيفة، وتسبب التصاق البراويز المتجاورة بعضها ببعض، وبذلك تقفل الطريق أمام النحل وقد تدفعه إلى الهجرة، ولكن يقل وجودها في الطوائف القوية، كما تعتبر من الآفات الرئيسة التي تسبب خسائر فادحة للأقراص الشمعية في الخلايا البلدية، وتسبب هلاك الطوائف في المنحل، كما يصعب بشكل عام مقاومتها داخل الخلايا البلدية.

أ – فراشة دودة الشمع الكبيرة ب- فراشة دودة الشمع الصغيرة

شكل (٣٠): فراشة ديدان الشمع

ا – الأضرار التي تحدثها يرقات دودة الشمع الكبيرة:

تختفي الفراشات نهاراً في الخلايا المصابة أو بالقرب منها، وتبقي ساكنة ثم تنشط ليلاً. وتظهر فراشات هذه الحشرة في أواخر شهر فبراير وأوائل مارس، وتطير بالمناحل مساءً. وبعد عملية التزاوج تحاول الإناث الدخول إلى الطوائف الضعيفة التي لا يمكنها مطاردة هذه الفراشات ومنعها من وضع البيض داخل الخلية أو بالقرب منها، ويمكن مشاهدة الفراشات كذلك في نهاية فصل الصيف مساءً، وهي تطير بالقرب من فتحات الخلايا، ولا يخشى من هذه

الآفة على الطوائف القوية؛ لأن الشغالات الحارسه تمنعها من الدخول لوضع البيض، وإذا تمكنت الفراشة من الدخول خلسة، ووضعت البيض فإن الشغالة ترمي بيضها خارج الخلية، بعكس الحالة في الطوائف الضعيفة والطوائف التي حرمت من ملكتها مدة طويلة، وتضع أنثى هذه الفراشات بويضاتها على الأقراص الشمعية وبقايا الشمع المتخلفة عند مدخل الخلايا، وأيضاً بين ثنايا الخلايا إذا كانت رديئة الصنع غير محكمة التركيب. وبمجرد الفقس الناتج من تأثير حرارة الخلية، تخرج اليرقات وتتغذى على الشمع وحبوب اللقاح وحضنة النحل، وتبني في الشمع أنفاقًا طويلة، تبطنها بنسيج حريري؛ لكي تأمن لسعات النحل، وتضع الفراشة حوالي ألف بيضة في المتوسط، بمعدل بيضة واحدة كل دقيقة لمدة ٣٠ دقيقة ، تستريح بعدها لفترة قصيرة،ثم تبدأ بعدها في وضع البيض بالنسبة نفسها.

وتساعد الخيوط الحريرية التي تنسجها اليرقة على الانتقال من قرص إلى آخر، وهذا العمل من شأنه عرقلة النحل في نشاطه داخل الخلية، فيضطر لهجرها. وتسبب تغذية اليرقات على الشمع وعمل الأنفاق بالأقراص تلفًا كبيرًا لهذه الأقراص الشمعية، شكل (٣١) وتبيد حضنة النحل التي تصادفها. ويقدر متوسط ما تأكل اليرقة الواحدة من الشمع طول مدة حياتها بـ ١,٥ جراماً من الشمع، وفي حالات الإصابة الشديدة جداً تلصق اليرقات الأقراص الشمعية المتجاورة بعضها ببعض داخل صندوق الخلية كما في شكل (٣٢).

شكل (٣١): مظهر إصابة الاقراص بديدان الشمع

شكل (٣٢): مظهر إصابة شديدة بديدان الشمع داخل الخلية

عندما يتم نمو اليرقات تبحث عن مكان مناسب؛ لتمضي فيه طور العذراء داخل شرانق بيضاء تنسجها لهذا الغرض، هذه الشرانق يبلغ طول الواحدة حوالي 2 سم، ويمكن أن تشاهد على الأقراص الشمعية أو في ثنايا الخلايا الخشبية غير الجيدة الصنع أو على الجوانب أو في أركان غرفة التربية (شكل ٣٢)، وفي العاسلات أو على الأغطية الداخلية الموضوعة على قمة الإطارات وتحت الغطاء الخارجي. في بعض الأحيان، تأكل اليرقات في الخشب المصنوع منه الخلايا لعمل انخفاض بسيط مناسب، يحمي شرنقتها مما يسبب تلف خشب الخلايا المصابة.

شكل (٣٣): مجموعة من شرانق ديدان الشمع ملتصقة بأجزاء الخلية

الأضرار التي تحدثها يرقات دودة الشمع الصغيرة:

توجد هذه الحشرة في جميع أنحاء العالم، ولكن أهميتها وانتشارها أقل من دودة الشمع الكبيرة. توجد دودة الشمع الصغيرة كثيراً في طوائف النحل الموجودة في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية، وتسبب داء ما يسمى الحضنة الصلعاء bald brood ، حيث توجد عيون سداسية غير مغطاة بها يرقات في أواخر أطوار نموها، وتشاهد رؤوسها معرضة للخارج. ويتم التأكد من وجود دودة الشمع الصغيرة عندما يشاهد مظهر الحضنة الصلعاء bald brood ، وكذلك وجود بقايا براز ليرقات الحشرة منتشرة على سطح أجسام يرقات نحل العسل. حيث إنه عندما تتحرك يرقات دودة الشمع الصغيرة لتناول غذائها، فإن ذلك يتم فوق العيون السداسية التي بها حضنة مفتوحه لنحل العسل، وخلال تلك الحركة فإنها تخرج موادها البرازية في هيئة قطع صغيرة، يمكن رؤيتها فوق يرقات نحل العسل.

ومن الجدير بالذكر، أن الأضرار الناجمة عن دودة الشمع الصغيرة تشابه أضرار دودة الشمع الكبيرة، ولكن هذه الأضرار أقل كثيراً عند مقارنتها بالأضرار الناجمة عن دودة الشمع الكبيرة.

ب – حماية الأقراص الشمعية من الإصابة بالآفات في المخزن:

من المشاكل الكبري في تخزين الأقراص الشمعية هي حمايتها من عدة حيوانات، يمكن أن تدمرها، مثل: الفئران، وفراشات الشمع. وهما تعتبران الآفتين الأكثر أذى، ولأن تطرف درجات الحرارة في حالتي الحر والبرد الشديد، تكون فيه الإصابة أقل أذى. غير أن إصابة الأقراص المستخدمة قد تتغذى عليها عثة الطلع، وتسبب أضراراً بالغة لها، ونجد على أرضية الصناديق المخزنة بقايا غبار الطلع الساقط عليها نتيجة عمل العث خارج الأقراص. كما أن الفئران يمكن أن تمضغ شمع الأساس، وتسبب تلفاً بليغاً في الطوائف وفي المخزن، ومعظم الحيوانات لا تستطيع هضم شمع النحل، ولكنه يمر فقط من خلال الجهاز الهضمى. وفقط، فإن يرقات فراشة الشمع هي التي تهضم الشمع، كما أن بعض الطيور يوجد بها بعض أنواع البكتيريا في الأمعاء التي لها قدرة على هضم الشمع أيضاً.

تبدأ مكافحة ديدان الشمع من المنحل ببعض الإجراءات والملاحظات التي يجب أخذها في الاعتبار، حيث تصنع الخلايا من خشب جيد خالٍ من الشقوق والفتحات، مع فحص الطوائف من وقت لآخر أثناء موسم الربيع والصيف، ومراعاة تنظيفها وإعدام اليرقات والعذارى في حالة وجودها، مع مراعاة عدم ترك قطع من الشمع أو مخلفات الأقراص الشمعية في المناحل، مما يسبب تكاثر الحشرة وانتشارها عليها. هذا بالإضافة إلى استخراج الأقراص الزائدة عن حاجة المنحل، وحفظها في أماكن محمية، ويفضل عدم استخدام المكافحة باستخدام مبيدات الآفات مثل بارادي كلوروبنزين p-dichlorobenzen ، والنفثالين naphthalene ؛ حيث إنها تترك متبقيات سامة في العسل والشمع (Boganov *et al.*, 2004) . ومن نظم التخزين الآتي.

نظم التخزين في مخازن خاصة:

١- مخازن مدخنة والحفظ للأقراص الشمعية :

قام بعض النحالين في الماضي بتخزين الصناديق في غرف يتم تدخينها باستخدام مادة السيانيد شديدة السمية لحماية الأقراص المخزنة ضد فراشة الشمع، غير أن عدد المواد المسموح باستخدامها للتدخين بهدف وقاية المنتجات والمواد الغذائية قليل، وتقل عاماً بعد عام استنادًا إلى ما تسمح به وكالة حماية البيئة الفيدرالية في الولايات المتحدة الأمريكية.

٢- مخازن منظمة حرارياً:

يستخدم عدد قليل من النحالين في بعض دول العالم غرفاً معزولة بشدة ومنظمة حرارياً لتخزين الأقراص خاصة في الولايات الأمريكية الجنوبية، وقد ثبت أن تلك الطريقة معقولة بحسب تكاليفها، وأن الحرارة المثالية - من جهة الكلفة وحماية الأقراص معاً -هي ٩ مئوية تقريباً.

٣- مخازن مزودة بثاني أكسيد الكربون:

لقد استخدم معدو عسل الأقراص ومعبئوه غرفاً قابلة للضبط لتخزين منتجاتهم مدة طويلة، حيث يرفع داخلها مستوى ثاني أكسيد الكربون إلى الحد الذي تستحيل معه فراشة الشمع والخنافس وغيرها من الحشرات أن تعيش، وقد نجحت هذه الطريقة كثيراً ، ويجب على النحالين المهتمين بهذا النمط من التخزين أن يتشاوروا مع مشغلي غرف التخزين القابلة للتحكم والمستخدمة لحفظ الفاكهة وخاصة التفاح، لاستخدامها في تخزين أقراص العسل.

يمكن توضيح أساليب مكافحة ديدان الشمع في الجدول (٦) ، كما ذكرها (Charriere and Imdorf, 1997).

جدول (6) يوضح أساليب مقاومة ديدان الشمع في الأقراص المخزنة. (Charriere and Imdorf, 1997).

نوع الطريقة	التفاصيل	الملاحظات
طرق فنية Technical Methods	**فرز الأقراص** - صهر الأقراص القديمة في الحال. - التخزين للأقراص الحديثة في جو بارد مضيء به تهوية	طرق بسيطة وبلا متبقيات
طرق طبيعية Physical methods	**التخزين البارد على درجة أقل من ١٥°م** مكان بارد به تيار هوائي بين الأقراص * المعاملة بالتجميد Frost treatment ٢ ساعتان على -١٥°م ٣ ساعات على -١٢°م ٤,٥ ساعة على -٧°م * المعاملة بالحرارة Heat treatment ٨٠ دقيقة على ٤٦°م ٤٠ دقيقة على ٤٩°م	فعالة في قتل كل أطوار الفراشات، وتحتاج إلى أدوات مكلفة تيار هوائي جيد، وضبط لدرجة الحرارة. تقتل جميع الأطوار. تحتاج إلى مولد هواء ساخن . الاحتياط من خطر انصهار الشمع.

تابع جدول (٦)

نوع الطريقة	التفاصيل	الملاحظات
طرق بيولوجية Biological methods	*Bacillus thuringiensis* Melonex, B-401 ممرض غير إجباري	❋ يتم ملاحظة التصنيع، وتاريخ الشركة البائعة، وظروف التخزين ❋ لا توجد ملوثات حفظ لمدة طويلة (٢-٣ شهر) تؤثر أيضاً في دودة الشمع الصغيرة. ❋ عمل غير مجهد.
طرق كيميائية Chemical method	الكبريت Sulphur	**الحرق Burning** يستخدم شريط كبريت Sulphur strips / ١٠٠ لتر (٣ صناديق عاسلة) تعامل كل أربعة أسابيع من أعلى، حيث إن ثاني أكسيد الكبريت أثقل من الهواء. يلاحظ أن للأبخرة تأثيراً في الجهاز التنفسي والأعين. يؤثر في الكائنات الدقيقة في حبوب اللقاح المحفوظة. يلاحظ أنه غير مؤثر في البيض / يجب الاحتياط من خطر الحريق. **Spray SO_2 from spray Can** لمدة ثانية واحدة (٢,٥ جم/SO_2) لكل عاسلة أو ٣-٤ ثانية لـ ١٠٠ لتر من حجم الصناديق.

تابع جدول (٦)

نوع الطريقة	التفاصيل	الملاحظات
	حمض الخليك Acetic acid	تستخدم المعاملة بحمض الخليك من أعلى بواسطة ٢٠٠ مل حامض (٦٠-٨٠٪) لكل ١٠٠ لتر من حجم الصناديق. وبخار حامض الخليك أثقل من الهواء – تكرر المعاملة صيفاً مرتين كل ٢ أسبوعين على التوالي. وهي معاملة فعالة بلا ملوثات. تقتل جميع المراحل المختلفة لفراشة الشمع – تقتل جراثيم النوزيما – تؤثر في الأجزاء المعدنية . مطلوب إعادة المعاملة بانتظام. - يحتاط من تنفس أبخرة الحامض، وتجنب احتكاك الحامض بالجلد عند عملية التداول.
	حمض الفورميك Formic acid	تستخدم ٨٠ مل من حامض الفورميك ٨٥٪ لكل ١٠٠ لتر من حجم صناديق الخلايا في الصيف. تكرر المعاملة مرة أو مرتين على التوالي كل ٢ أسبوعين. فعالة / بلا ملوثات. تقتل أطوار فراشة دودة الشمع . تؤثر في الأجزاء المعدنية. يحتاط أثناء التداول ملاحظة عدم تنفس الأبخرة وعدم ملامسة الحامض للجلد.

حفظ قوالب الشمع النقية عقب الاستخلاص Storage of pure wax blocks

عقب استخلاص الشمع وتنقيته من الشوائب، يشكل على شكل بلوكات غالباً صغيرة الوزن ٢-٥ كجم ، كما في شكل (٣٤).

شكل (٣٤): مظهر بلوكات من الشمع النقي عقب عملية استخلاصها

يراعى أن تغلف قوالب الشمع بلفافات ورقية، وتوضع على أرفف، أو في مستودعات، أو في أوعية مصنوعة من الأستانلس إستيل أو الزجاج أو البلاستيك للمحافظة على اللون والرائحة، كما أن عملية التغليف تحفظها من الأتربة، ونادراً ما يصاب الشمع بعد تنقيته بديدان الشمع، ويراعي أن يكون المخزن أو مكان الحفظ مظلمًا وجافًا وباردًا حتى يحافظ على خواص الشمع من التغيير.

خاتمة

في المملكة العربية السعودية، كما في مناطق كثيرة من العالم، يستهلك العسل المنتج محلياً بالكامل، غير أن شمع النحل لا يتسغل بالشكل المطلوب، وغالباً لا يعتنى به. ونتيجة عدم المحافظة على الأجزاء الشمعية والأقراص الناتجة، خاصة من الخلايا البلدية، فإن ديدان الشمع يمكن أن تتلفها خلال أسابيع قليلة، ويمكن أن تعتبر مصدراً لنقل الأمراض:

ينبغي اتخاذ التدابير اللازمة لذلك عن طريق:

- إدخال ثقافة أن شمع النحل منتج للطائفة، وهو يعتبر قيمة مضافة إلى إنتاج العسل من طوائف النحل.
- تشجيع كل نحال في منطقته على حفظ شمع النحل بطريقة مناسبة، تضمن عدم تلفه خلال فترة التخزين.
- قيام الجمعيات التعاونية للنحالين بتشجيع أعضائها على تجميع أقراص الشمع القديمة والأجزاء الشمعية، وتحويلها إلى شمع خام صالح للتصدير أو لصناعة الأساسات الشمعية.
- تطوير الصناعات القائمة على شمع النحل، سواء صناعة الأساس الشمعي أو المواد التحميلية.

نأمل أن تأخذ المملكة العربية السعودية مكانة متميزة كإحدى البلدان المنتجة للشمع الخام، خاصة مع وجود عدد غير قليل من خلايا النحل التقليدية التي تعتبر مصدراً مهماً لهذا المنتج عظيم الفائدة.

تم بحمد الله...

المراجع العربية

روث إ.ر وآخرون (١٩٩٧)موسوعية نحل العسل.

البنبي، محمد علي (١٩٩٥) نحل العسل في القرآن والطب. دار المعارف المصرية الطبعة الثانية ٢٦٨ صفحة.

قودمان ليسيلي (٢٠٠٩) الشكل و الوظيفة في نحل العسل ترجمة أ.د. أحمد بن عبدالله الغامدي – جامعة الملك سعود للنشر العلمي والمطابع – ٢٣٦.

References

Anonymous (2002). European pharmacopoeia. Council of Europe Strasbourg (4. edition).

Bennett, H. (1975). Industrial waxes. Natural and synthetic waxes. Compounded waxes and technology. Chemical Publishing Company. XIII New York, USA; 413 pp.

Benson, G.G.; Hemingway, S.R.; Leach, F.N. (1978). Composition of the wrappings of an ancient Egyptian mummy. J. Pharmacy and Pharmacol. 30: 78.

Beverly, M.B.; Kay, P.T.; Voorhees, K.J. (1995). Principal component analysis of the pyrolysismass spectra from African, Africanized hybrid, and European beeswax. J. anal. Appl. Pyrolysis 34: 251-263.

Bohem, B. (1965). Beziehungen zwischen Fettkorper, Oenocyten und Wachsdrusentwicklung bei Apis mellifica L. Z. Zellforsch Mikorsk Anat 65, 74-115.

Bogdanov, S.; Kilchenmann, V.; Seiler, K.; Pfefferli, H.; Frey, T.; Roux, B.; Wenk, P.; Noser, J. (2004). Residues of p-dichlorobenzene in honey and beeswax. Journal of Apicultural Research 43 (1): 14-16.

Bodganov, S. (2009). The bees wax book, Chapter 1, Bees wax: uses and trade chater 2, Bee product science, www.bee-hexagon.net.

Brand-Garnys, E.E.; Sprenger, J. (1988). Bienenwachs – Neue Aspekte eines klassichen Kosmetik-Rohstoffes. Z. Korperpflegemittel-, Parfumerie-, Riechstoff- und Aerosol-Industrie 61 (14): 547-552.

Breadbear, N. (2009). Bees and their roles in forest livelihoods. Rome; 194 pp.

Brown, R. (1995). Beeswax. Butler & Tanner Ltd, Frome Frome, GB; 87 pp. (3rd edition)

Cassier, P.; Lensky, Y. (1995). Ultra-structure of the wax gland complex and secretion of beeswax in the worker honey bee, Apis mellifera L. Apidologie 26 (1): 17-26.

Crane, E. (1990). Bees and beekeeping. Science, practice and world resources. Cornell University Press Ithaca, New York.

Crane, E. (1999). Beeswax. The world history of beekeeping and honey hunting. Gerald Duckworth & Co. Ltd; London; pp. 524-537.

Frish, Karl. Von (1967): The dancing bees : an account of the senses of honey bee.

Goggshall, W.L.; Morse, R.A. (1984). Beeswax., Production, harvesting and products. Wicwas Pres New York.

Gould, J.L.; Gould, C.G. (1988). The honey bee. Scientific American Library, New York, USA, 239 pp.

Hepburn, H.R. (1986). Honey bees and wax, an experimental natural history. Springer-Verlag, Berlin.

Hepburn, H.R.; Bernard, R.T.F.; Davidson, B.C.; Muller, W.J.; Lloyd, P.; Kurstjens, S.P. and Vincent, S.L. (1991). Synthesis and secretion of beeswax in honeybees. Apidologie, 22: 21-26.

Hepburn, H.R.; Hugo, J.J.; Mitchel, D.; Nijland M.J.M.; Scrimgeor (1984). On the energetic costs of wax production by the African honeybee. Apis mellifera adansonii. S. Afr. J. Sci. 80: 363-368.

Hunter, J. (1792). Observation on bees. Philos. Trans. R. Soc. Lond B. Biol. Sci. 82: 128-196.

Imdorf, A.; Charriere, J.D.; Maquelin, C.; Kilchenmann, V.; Bachofen, B. (1996). Alternative Varroa control. American Bee Journal 136 (3): 189-193.

Iqbal, M. (1993). International trade in non-wood forest products: An overview. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO Rome; 7 pp.

Krell,R. (1996) valu-added products from beekeeping. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations Roma;409pp

Krivtsov, N.; Lebedev, V. (1995). The bee products (In Russian). Editing House, Niwa Niwa, Russia.

Kurstjens, S.P.; Mcclain, E.; Hepburn, H.R. (1990). The proteins of beeswax. Naturwissenschaften 77 (1): 34-35.

Lavie, P. (1960). Les substances antibacteriennes dans la colonie d'abeilles (Apis mellifera L.). Thesis, Faculte des Sciences de l'Universite de Paris Paris; pp. 1-190.

Looke, M. (1961). Pore canals and related structures in insect cuticle. J. Biophys Biochem. Cytol. 10: 589-618.

Lucente, P.; cavalla, M.; Vezzani, C.; Orlandi, C.; Vincenzi, C. (1996). Contact cheilitis due to beeswax. Contact Dermatitis 35 (4): 258.

Machova, M .(1993) Resistance of bacillus-larvae in bee wax. Apidologie 24 (1): 25-31

Menzel, R.; Wladarz, G.; Lindauer, M. (1969). Tagesperiodisches ablagerungen in der Endokutikula der Honigbiene. Biol. Zentrabl. 88: 61-67.

Petersen, I. (1999). The honey comb conjecture: Proving mathematically that honeybee constructors are on the right track. Science News 156: 60.

Pirk, C.W.W.; Hepburn, H.R.; Radloff, S.E.; Tautz, J. (2004). Honeybee combs: construction through a liquid equilibrium process? Naturwissenschaften 91: 350-353.

Potschinkova, P. (1992). Bienenprodukte in der Medizin. Apitherpie. Ehrenwirth Verlag Munchen.

Reimann, K. (1952). Neue Untersunchungen uber die Wachsdruse der Honigbiene. Zool Jahrb Abt Anat Ont 72, 147-188.

Ribbands, C.R. (1953). The behaviour and social life of honeybees. Bee Research Association, London.

Ritter, W. (2003). Early detection of American foulbrood by honey and wax analysis. Apiacta 38 (2): 125-130.

Roch, G.A. (1927). Uber die Bautatigkeit im Bienenrolk und das Alter der Baubienen. Weither Beitrag surf rage nuch der Arbeitstejlung im Bienenstaat. Z. Vgl. Physiol. 6: 256-280.

Root, A.I. (1990). The ABC&XYZ of bee culture. 40th Edition.

Schroder, A.; Wallner, K. (2003). The actual situation of varroacides in beeswax: An international comparison. Apidologie 34 (5): 1-3.

Temnov, V.A. (1967). Tehcnologia produldov pcelovodstvo. Technology of the bee products. M. Kolos.

Tulloch, A.P. (1973). Factors affecting analytical values of beeswax and detection of adulteration. Journal of the American Oil Chemists Society 50 (7): 268-272.

Tulloch, A.P. (1980). Beeswax – Composition and analysis. Bee World 61 (2): 47-62.

Wallner, K. (1992). The residues of P-Dichlorobenzene in wax and honey. American Bee Journal 132 (8): 538-541.

Wallner, K. (1999). Varroacides and their residues in bee products. Apidologie 30: 235-248.

Worth, A.H. (1956). The chemistry and technology of waxes. (2nd edition).

Winston, M.L. (1987). Biology of honey bee. Harvard University press; Cambridge, M.A., UsA; 281 pp.