

تطوير أعلاف سمكية قليلة التكلفة تعتمد على خامات محلية في تغذية أسماك
البطي المستزرعة

عيسى بن محمد بن عبدالله الفارسي علاء داود سلمان
بدر بن يعقوب بن مبارك الهطالي خالد بن محمد بن سيف البطاشي

مركز الاستزراع السمكي/ المديرية العامة للبحوث السمكية/ وزارة الزراعة والثروة السمكية
سلطنة عمان

Email: esa2020@gmail.com

تطوير أعلاف سمكية قليلة التكلفة تعتمد على خامات محلية في تغذية أسماك البطي المستزرعة

عيسى بن محمد بن عبدالله الفارسي علاء داود سلمان

بدر بن يعقوب بن مبارك الهطالي خالد بن محمد بن سيف البطاشي

مركز الاستزراع السمكي / المديرية العامة للبحوث السمكية / وزارة الزراعة والثروة السمكية

سلطنة عمان

Email: esa2020@gmail.com

1. الملخص

نظراً للتطور الواسع في الاستزراع السمكي في سلطنة عمان خلال السنوات الخمسة الماضية من خلال مشاريع الاستزراع التكاملي و الأحيومائي (Aquaponic) لأسماك البطي *Oreochromis niloticus*، وكذلك المشاريع الاستثمارية للاستزراع البحري والذي يتطلب توفير أعلاف خاصة للأسماك، إلا أنه لا يوجد مصنع علف متخصص في تصنيع الأعلاف السمكية بالسلطنة، بالإضافة إلى أن المصانع الكبيرة التجارية في سلطنة عمان تعتمد بصورة أساسية على المواد الأولية الخام المستوردة. يتم حالياً استيراد الأعلاف المتخصصة للأسماك من بعض دول مجلس التعاون الخليجي وغيرهاو بكلف عالية.

تتوفر في السلطنة مصادر أعلاف متاحة بكميات اقتصادية مثل أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة بصورة تقليدية (33 ألف طن/سنة). وتتصف هذه الأسماك بكونها مصدر علفي ذات قيمة غذائية عالية لارتفاع نسبة البروتين فيها (60%). كما أنها غني بالأحماض الأمينية و العناصر المعدنية التي تحتاجها الأسماك في تغذيتها ،ايضا تتوفر في السلطنة كميات كبيرة من التمور غير صالحة للإستهلاك البشري والتي يمكن أن تصل كمياتها إلى 125 ألف طن سنوياً.

تم إجراء دراسة شاملة لتكوين وتصنيع أعلاف قليلة التكلفة لتغذية أسماك البطي المستزرعة و غيرها من أسماك المياه العذبة من خلال تجارب تصنيعية لمعرفة أفضل تركيبة علفية تتصف بخاصية الطفو و الثباتية باستخدام مواد أولية خام غير تقليدية مثل أسماك السردين و الأسماك البرية المجففة تقليدياً (Trash Fish) وتمور البسور (ثمار مطبوخة في مرحلة الخلال) المنتجة تقليدياً من قبل المزارعين في تصنيع أعلاف الأسماك، تتصف بخاصية الطفو (Floating Fish Feed Pellet) والثباتية ، وذلك من خلال استخدام تكنولوجيا البثق

الحراري (Extrusion) كجزء من مشروع (تطوير إنتاج مسحوق وزيت الأسماك لصناعة الاعلاف السمكية في سلطنة عمان) و الممول من قبل صندوق التنمية الزراعية والسمكية/ سلطنة عمان . أيضا تم تصنيع أعلاف قياسية تعتمد على مواد أولية تقليدية مثل كسبة فول الصويا ومسحوق السمك و الحبوب العلفية. صنّعت هذه الأعلاف على شكل أقراص باستخدام تكنولوجيا البثق الحراري التي من فوائدها إنتاج أعلاف للأسماك تتصف بخاصية الطفو والثباتية، وتقضي على الميكروبات المرضية إن وجدت من خلال عمليتي الطبخ والضغط التي يمر بها المنتج في جهاز البثق الحراري ، و تعد العناصر الغذائية للعلف المنتج بهذه الطريقة سهلة الهضم و بالتالي يرتفع معدل الاستفادة منها من قبل الأسماك. بعد استكمال التجارب التصنيعية تم التوجه إلى إجراء تقييم الكفاءة التغذوية للعلائق المصنعة في تغذية أسماك البلطي، حيث تم استخدام 90 إصبعية سمك بلطي نيلي (*Oreochromis niloticus*) و بمعدل وزن 18.44 ± 1.10 غم، و تم توزيع هذه الأسماك على 3 مجاميع بثلاث مكررات لكل عليقة (10/مجموعة) و تم تغذيتها لمدة 70 يوم وكما يلي:

المجموعة الأولى (T1): غذيت العليقة البديلة المصنعة من أسماك السردين والأسماك البرية (Trash

Fish) المجففت تقليدياً و تمرور البسور (تم تصنيع العليقة البديلة بمركز الاستزراع السمكي).

المجموعة الثانية (T2): غذيت على عليقة قياسية (مواد علفية تقليدية مثل كسبة فول الصويا ومسحوق

السمك) صنعت في الوحدة البحثية لتصنيع الاعلاف السمكية بمركز الاستزراع السمكي.

المجموعة الثالثة (T3): غذيت على العلف التجاري المستورد.

أعطت نتائج هذه التجربة مؤشر مهم بأن استخدام العليقة البديلة (T1) والتي تعتمد على نسبة عالية من أسماك السردين المجففة تقليدياً (بنسبة 53%) و تمرور البسور (بنسبة 10%) من العليقة لم يؤثر على معدل تناول الأسماك لهذه العليقة بل كان هناك تقبل سريع واستساغة عالية لهذا العلف ا لبديل، و لم تظهر أي ظواهر مرضية لدى أسماك البلطي نتيجة تناولها هذا العلف. وقد أشارت نتائج التجربة بصورة واضحة أن استخدام العليقة البديلة في تغذية أسماك البلطي المستزرعة تحت نظام الاستزراع السمكي المكثف قد أدى الى تفوق معنوي ($P < 0.05$) في أغلب الصفات المدروسة مقارنة بلأسماك المغذاة على العليقة التجارية المستوردة، حيث أشأرت هذه النتائج بوجود تفوق معنوي في الصفات المدروسة وخاصة الوزن النهائي، الزيادة الوزنية، معامل التحويل الغذائي، معدل النمو النسبي و نسبة كفاءة البروتين.

كما أظهرت نتائج التقييم الإقتصادي استخدام العليقة البديلة (T1) والتي تعتمد على مواد خام محلية تحقق خفض بكلفة الإنتاج بمقدار 48.9% عن الأسماك المغذاة على العلف التجاري المستورد ، حيث كانت كلفة العلف المطلوب لإنتاج 1 كغم سمك بلطي 0.374، 0.735 (ر.ع /كغم زيادة بالوزن).

توفر نتائج هذه الدراسة طريقة جديدة لم تستخدم سابقا و تتصف بمعالجة أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً بطريقة البثق الحراري مما يؤدي الى تحسن القيمة الغذائية للاعلاف وسلامة المنتج من المسببات المرضية الناتجة من التجفيف الغير سليم، كما توفر نتائج هذه الدراسة ايضا طريقة جديدة لإدخال تمور البسور المصنعة تقليدياً من قبل المزارعين في تغذية الأسماك وإمكانية إستغلالها كمادة أولية خام، حيث تم إدخالها بنسبة 10% من التركيبة العلفية مما أدى الى تفوق كبير في نمو أسماك البلطي، لكون تمور البسور تعمل كمحفز للنمو معطية قيمة مضافة لتمور البسور على المستوى المحلي.

نظراً للنتائج الواعدة المتحققة في هذا البحث فقد تم العمل على نشر هذه النتائج من المستوى البحثي المختبري إلى المستوى المحلي لمربي الأسماك والمصنعين على المستوى التجاري وقد تم تحقيق النتائج التالية:

- تم تسجيل براءة اختراع " تركيب وتصنيع علف جديد يتصف بخاصية الطفو لأسماك البلطي و يعتمد في تصنيعه على موارد أولية خام متوفرة محلياً " الى دائرة الملكية الفكرية في المديرية العامة للتجارة التابعة لوزارة التجارة والصناعة في سلطنة عمان. (مرفق طلب التسجيل)
- تبنيت شركة موج الطلابية من جامعة السلطان قابوس بعض النتائج المتحققة من هذه الدراسة وفازت بالجائزة الأولى في مسابقة إنجاز عمان على مستوى السلطنة لعام 2018 (مرفق شهادة الشركة) والجائزة الثانية على مستوى الوطن العربي للعمل الريادي للشركات الطلابية 2018 و التي تساهم هذه الجائزة في صقل مهارات المشاركين في إثراء أدائهم ودعم سلوكهم الإيجابي مما يساعدهم في استكشاف القدرات الكامنة لديهم والفرص المختلفة في سوق العمل.
- حصلت شركة موج الطلابية على دعم مادي من مركز الابتكار الصناعي في السلطنة لتحويل النتائج المتحققة إلى مشروع تجاري لإنتاج أعلاف للأسماك تخدم مشاريع الاستزراع السمكي في السلطنة بالتعاون مع مركز الاستزراع السمكي التابع لوزارة الزراعة والثروة السمكية (مرفق صورة من مذكرة التفاهم موقعة من الاطراف الثلاثة)، حيث يقوم بدوره بتقديم المشورة الفنية لإنتاج 240 طن من أعلاف الأسماك الطافية في السنة كمرحلة أولى و يرتفع الإنتاج الى 1000 طن/ السنة.

- تم تدريب عدد من المزارعين المشاركين في موقع العمل بشروع الزراعة الأحيومائية على تصنيع الأعلاف السمكية لمزارعهم اعتماداً على النتائج البحثية المتحققة ، وقد وفر المزارعون المواد الأولية الخام و أشرف الفريق البحثي على التصنيع من حيث التراكيب المصنعة وسلامتها.
- كجزء من بناء القدرات للكوادر الوطنية العمانية تم تدريب 22 من طلبة الجامعات و الكليات التقنية على طرق تصنيع الأعلاف السمكية من المواد الخام المحلية و التي يتوقع أن تساهم في استحداث وحدات تصنيعية صغيرة و متوسطة على مستوى السلطنة.
- تبني هذه النتائج من قبل المربين والمصنعين ستكون نقلة نوعية في تطوير تصنيع الأعلاف السمكية في سلطنة عمان ودول مجلس التعاون الخليجي، مما يخدم بصورة واسعة مشاريع الاستزراع السمكي القائمة والتي تعتمد بصورة كبيرة على الأعلاف المستوردة ،حيث أن أهم المحددات للتوسع في الاستزراع السمكي في السلطنة ودول الخليج هو الكلفة العالية للأعلاف المستوردة.

2. المقدمة

نظراً للتطور الواسع في الاستزراع السمكي في سلطنة عمان خلال السنوات الخمسة الماضية من خلال مشاريع الاستزراع التكاملية و الأحيومائي (Aquaponic) لأسماك البلطي (*O. niloticus*) ، وكذلك المشاريع الاستثمارية للاستزراع البحري والذي يتطلب توفير أعلاف سمكية خاصة الا أنه لا يوجد مصنع علف متخصص في تصنيع الأعلاف السمكية بالرغم من التطور الحاصل في صناعة الأعلاف الحيوانية في السلطنة بالإضافة الى أن المصانع الكبيرة التجارية في السلطنة تعتمد بصورة أساسية على المواد الأولية الخام المستوردة. يتم حالياً إستيراد الأعلاف المتخصصة للأسماك من بعض الدول المجاورة وغيرها و بكلف عالية.

تتصف الأسماك بكون احتياجاتها من العناصر الغذائية عالية جداً وخاصة البروتين بالمقارنة مع حيوانات المزرعة الأخرى وتعتمد نظم التغذية للأسماك على نوع الأسماك النهرية (مثل الكارب، البلطي و الترويت) أو البحرية (مثل الدنيس والقاروص) ، وعمر الأسماك (المراحل العمرية) و طبيعة ونظم التربية (المكثفة و شبه المكثفة).

للحصول على أفضل مردود اقتصادي فإنه يتطلب توفير غذاء متزن ومتكامل من جميع العناصر الغذائية التي تحتاجها هذه الاسماك ويعتبر تحديد مصادر الغذاء من العوامل المهمة في مشروع تربية الاسماك حيث ان تكلفة التغذية تشكل حوالي 60 % من الكلفة التشغيلية للمشروع ، وتتوفر في السلطنة مصادر أعلاف متاحة بكميات اقتصادية مثل أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة بصورة تقليدية (33 ألف طن/سنة) إضافة إلى وجود مخزون كبير من الاسماك غير مستغل في المياه العمانية (Goddard and Ibrahim 2015) ، وتتصف هذه الموارد بكونها مصدر علفي ذو قيمة غذائية عالية لارتفاع نسبة البروتين بها (60%) وغناها بالأحماض الأمينية والعناصر المعدنية التي تحتاجها الأسماك في تغذيتها.

تتوفر في السلطنة كميات كبيرة من التمور الغير مستغلة للاستهلاك البشري والتي يمكن أن تصل كمياتها الى 125 ألف طن سنويا (MAF Annual Report 2014) ، تمتلك التمور بشكل عام بكونها مصدر غني بالطاقة (MJ 14.5-12.5) مقارنة للطاقة في حبوب الذرة الصفراء و الشعير ، ويقوم بعض من مربي الهاشية (الأبقار و الأبل) باستخدام المباشر لأسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة والتمور الغير صالحة للاستهلاك البشري في تغذية الحيوانات. (MAF 2016)

أهم المشاكل أو المعوقات لاستغلال أسماك السردين أو الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً هو أن طريقة التجفيف المتبعة تقليدياً والتي يمكن ان تكون مصدر للمسببات المرضية وخاصة السالمونيلا (Salmonella) و التسمم الممباري (Botulism) بالإضافة إلى التزنخ و قصر فترة الخزن (short shelf-life) بسبب ارتفاع نسبة الدهن في بعض أنواع سمك السردين المجففة والتي تصل الى 10%. إن الطريقة التقليدية المتبعة في السلطنة لتجفيف أسماك السردين و الأسماك البرية هي غالبا نشر هذه الأسماك على الشواطئ الرملية أو في بعض الأحيان تنتشر على بساط أو مشبك لمنع الرمل من الالتصاق بهالمدة أسبوع في فصل الشتاء و 4-5 أيام في فصل الصيف بعد التأكد من جفافها يتم جمعها بأكياس ذات أحجام مختلفة (8 كغم) و (12 كغم) و (16 كغم) (El Hag and Elkhanjari 1992 ; Mahgoup et. al. 2005).

أجريت عدة دراسات لاستخدام التمور غير الصالحة للاستهلاك البشري في تغذية حيوانات المزرعة و خاصة الحيوانات المجترة والدواجن (El Hag, and Al Shargi, 1996)، لكن لا توجد دراسات لاستخدام التمور في تغذية الأسماك في السلطنة ، في حين توجد بعض الدراسات التي أجريت في المنطقة لاستخدام التمور غير

الصالحة للاستهلاك البشري في تغذية أسماك البلطي و أسماك الكارب. أظهرت هذه الدراسات بعض النتائج الإيجابية (Yousif et. al. 1996; Azaza et al. 2009).

تمور البسور (Busser) هي التمور المطبوخة من قبل المزارعين خلال احد مراحلها بهدف إسراع إنضاجها وهو تقليد متبع في سلطنة عمان حيث تبلغ معدل كميات البسور المستلمة من المزارعين ما بين 3500-6500 طن سنوياً، وإن أغلب الكميات يتم تصديرها الى الخارج لذي فإن استغلال تمور البسور في تغذية الأسماك تعطىها قيمة مضافة، بالإضافة إلى كون هذه المادة الأولية الخام متوفرة محلياً، ومن ناحية أخرى فإن القيمة الغذائية للبسور عالية جداً لكونها مطبوخة، حيث أن عملية الطبخ تحسن من عملية الهضم لدى الأسماك وتكون أفضل من الحبوب التي تستخدم تقليدياً كمصدر للطاقة في تغذية الأسماك.

أجريت عدة دراسات في السلطنة لاستغلال أسماك السردين و أسماك البرية (Trash Fish) في تغذية الأسماك من خلال معالجتها عن طريقة السيلجة (Goddard and Al-Yahyai 2001) أو باستخدام المجفف الشمسي واستخدامها في تغذية أسماك البلطي، و كانت هناك نتائج إيجابية لاستخدام أسماك السردين المصنعة على شكل سايلج أو المجففة عن طريق المجفف الشمسي (Early et al, 2001).

ومن الدراسات الأخرى التي أجريت، استخدام نوى التمر المعالج بالفطريات كمادة أولية علفية في تغذية أسماك البلطي ، فقد استخدم نوى التمر المعالج بالفطريات كمادة أولية تدخل في مكونات أعلاف الحيوانات لمنع الامراض البكتيرية. وأظهرت نتائج الدراسة بإمكانية استخدام نوى التمر المعالج لحد 30% من تركيبة علف أسماك البلطي (Belal 2008). وأشارت بعض الدراسات في تغذية الحيوانات الزراعية ومنها الأسماك بأن التمور و مخلفاتها تعمل كمحفز للنمو بالإضافة لكونها مصدر طاقة عالي القيمة الغذائية (Belal et. al, 2015).

من المستجدات الحديثة في صناعة أعلاف الأسماك هي طريقة البثق الحراري (Extrusion) لإنتاج أعلاف ذات مواصفات جيدة تمتاز بخلوها من الميكروبات الممرضة فيما لو وجدت في مصادر الأعلاف الداخلة في التصنيع، من خلال عمليتي الطبخ والضغط التي يمر بها المنتج، وتتمتاز هذه الاعلاف ايضا بتدني نسبة الرطوبة فيها مما يسهل عمليتي الحفظ والنقل (Vijayagopal 2004)، ومن مميزات هذه الطريقة كذلك إنتاج أعلاف بأشكال وتراكيب مختلفة حسب الطلب وحسب نوع الحيوان المراد تغذيته ، ويزداد معدل استفادة الحيوان من هذه الأعلاف نتيجة لسهولة هضم مكوناتها التي عادة ما تكون بصورة سهلة الهضم .

تعتبر عملية البثق الحراري (Extrusion) إحدى العمليات الصناعية الناجحة في تطوير الصناعات التحويلية الغذائية ومنها صناعة الأعلاف فقد حصل تطور كبير لاستغلال عملية البثق في تعديل نسبة التحلل للمحتوى النشوي بدرجة تصل الى 90%، من خلال استخدام جهاز البثق الحراري لإنتاج كافة أنواع الأعلاف الحيوانية بطاقة عالية لامتناس الماء وإمكانية إضافة نسبة عالية من الدهون تصل إلى 30%، وبالتالي إنتاج أعلاف ذات طاقة عالية، ومع إمكانية إنتاج أعلاف بإشكال مختلفة (Ramachandra rao and Thejaswini 2015). من أهم إيجابيات تكنولوجيا البثق الحراري هو إنتاج الأعلاف الطافية للأسماك بدلاً من الأعلاف الغاطسة والتي يعيبها عدم الثبات في المياه مما يؤدي الى فقد 30% منها على الأقل، ومن أهم مزايا الأعلاف الطافية أنها تمكن المزارعين من المراقبة المباشرة اليومية للأسماك، سهولة إدارة المزرعة و الأحواض والمحافظة على جوده المياه والحد من التلوث الناتج من الأعلاف و كذلك تؤدي الى تحقيق أفضل عائد لمربي الأسماك (Falayai and Sadiku Suleiman 2013). بالرغم من الدراسات السابقة التي أجريت حول استغلال أسماك السردين والأسماك البرية (Trash Fish) في تغذية الأسماك فقد شملت فقط طرق المعالجة من خلال طريقة السيلجة أو المجفف الشمسي، ولم تستخدم أسماك السردين أو الأسماك البرية المجففة تقليدياً في السلطنة كمادة أولية علفية تستخدم في تغذية الأسماك من خلال معالجتها وتصنيعها باستخدام تكنولوجيا البثق الحراري (Goddard, et. al. 2003; Goddard, and Ibrahim, 2015). إن الدراسات التي أجريت حول استخدام التمور غير الصالحة للاستهلاك البشري في تغذية أسماك البلطي كانت لإدخال هذه التمور كمصدر طاقة بديل لمصادر الحبوب (الذرة الصفراء، القمح والشعير) في علائق أسماك البلطي فقط، ولم تدرس الصفات الفيزيائية للعلف المنتج (خاصية الطفو والثباتية) (Belal, and Al-Jasser, 1997; Belal et. al. 2015). لا توجد أي دراسة سابقة جمعت استغلال أسماك السردين والأسماك البرية المجففة تقليدياً والتمور في تركيبة علف متخصص لأسماك البلطي تصف بخاصة الطفو والثباتية، ولا توجد أي دراسة سابقة استخدمت فيها تمور البسور (Busser) في تغذية الأسماك، حيث أن أغلب هذه الدراسات السابقة أجريت على أنواع و أصناف التمور التقليدية.

الدراسة الحالية هي جزء من مشروع تنموي ممول من صندوق التنمية الزراعية والسكنية/ سلطنة عمانو هي دراسة شاملة لتركيب وتصنيع أعلاف قليلة الكلفة لتغذية أسماك البلطي المستزرعه وأسماك المياه العذبة من خلال إجراء تجارب تصنيعية لمعرفة أفضل تركيبة علفية تتصف بخاصية الطفو و الثباتية باستخدام مواد أولية خام غير تقليدية مثل أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً وتمور البسور من خلال

استخدامتكنولوجيا البثق الحراري والتي هي مخصصة بصورة أساسية لتصنيع أعلاف الأسماك من مواد أولية خام تقليدية مثل كسبة فول الصويا، مسحوق السمك و الحبوب العلفية (Orire, and Sadiku 2014). و شملت هذه الدراسة معرفة التقييم الغذائي والكفاءة الغذائية لهذه العليقة المصنعة بطريقة البثق الحراري من خلال إجراء تجربة تغذوية على إصبعيات أسماك البلطي خلال مرحلة النمو بهدف معرفة الإستساغة و كذلك أثرها على أداء الأسماك مقارنة مع العليقة القياسية والعلف المستورد من الخارج.

3. المواد وطرق البحث

يعد الهدف الأساسي لهذا البحث هو تصنيع أعلاف أسماك بديلة يعتمد في تصنيعها بصورة أساسية من مواد أولية خام متوفرة محلياً وتتصف بخاصية الطفو و الثباتية في تغذية أسماك البلطي المستزرعة و أسماك المياه العذبة وسوف يخدم هذا العلف البديل مشاريع الاستزراع السمكي التكاملية و الأحيومائي (Aquaponic) في السلطنة والتي تعتمد على أعلاف الأسماك المستوردة و بكلف عالية.

خطوات التصنيع

تركيبة العلف (Feed Formulation)

تم إجراء تجارب تصنيعية للتوصل الى تركيبة عليقة كاملة (Complete Feed) متخصصة لاسماك البلطي و متوازنة في جميع العناصر الغذائية التي تحتاجها الأسماك المستزرعة تحت نظام الاستزراع السمكي المكثف و تخدم مشاريع الاستزراع التكاملية لاسماك البلطي ، واعتمدت تركيبة العلف البديل في استغلال أقصى مايمكن من المواد الأولية المتوفرة محلياً مثل أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً والمتوفرة بكميات تجارية من السوق المحلية في السلطنة، و هذه تعتبر مصدر غذائي غني بالبروتين والاحماض الأمينية الأساسية وخاصة أحماض الميثيونين (Methionine) و اللايسين (Lysine) و كذلك ادخال تمور البسور المتوفرة محلياً بكميات تجارية كمصدر للطاقة وكمحسن غذائي.

أخذ بنظر الاعتبار في تركيبة الا علف البديلة احتياجات أسماك البلطي من العناصر الغذائية و إنتاج تركيبة علفية تصنع على شكل أقراص لها خاصية عالية للطفو (Floating Fish Feed Pellet) وكذلك يجب أن تكون لها خاصية عالية في الثباتية في الماء (Water stability). ولغرض الحصول على خاصية الطفو والثباتية في أعلاف الأسماك فإنه يتطلب أن تكون نسبة النشا (لا تقل عن 20%) في التركيبة العلفية المصنعة باستخدام تكنولوجيا البثق الحراري (Extrusion) من خلال استخدام جهاز البائق الحراري (Extruder)، و لأجل ذلك تم

استخدام حبوب القمح العلفية (Wheat Feed) كمصدر للنشا وكذلك تم إدخال مسحوق نشا الذرة كمادة رابطة لتحسين الثباتية لأقراص العلف واستخدم مخلوط الفيتامينات والعناصر المعدنية (Minerals and Vitamins Premix) بنسبة 1.5% على ضوء مواصفة المخلوط من الفيتامينات و العناصر المعدنية (جدول 1). تم تركيب عليقة علفية ثانية (T2) لأسماك البلطي وبنفس المواصفات الغذائية العليقة البديلة و لكن بمكونات تعتمد على المواد الأولية التقليدية القياسية المستوردة و المستخدمة بصورة أساسية كمصدر بروتين في تصنيع أعلاف الأسماك مثل كسبة فول الصويا ومسحوق السمك و تم استخدام حبوب القمح العلفية (Wheat Feed) كمصدر للنشا وكذلك مسحوق نشا الذرة بنفس النسبة في العليقة البديلة (T1) بهدف الحصول على أقراص تتصف بخاصية الطفو والثباتية بالإضافة إلى دهن السمك بنسبة 2% من العليقة (جدول 1).

جدول 1: تراكيب الأعلاف المصنعة

العلف التجاري مستورد (T3)	العلف قياسي (T2)	العلف البديل (T1)	المواد الداخلة %
علف أسماك طافي لأسماك البلطي اعتمد في تصنيعه على الحبوب، كسبة فول الصويا، مسحوق السمك وأحماض أمينية و العناصر المعدنية	-	53	أسماك السردين المجففة
بروتين خام: 36%	-	10	تمر البسور
دهن: 4%	46	-	كسبة فول الصويا
ألياف حام: 4%	15	-	مسحوق السمك
	30	30	القمح العلفي
	5	5	النشا الذرة
	1.5	1.5	مخلوط الفيتامينات والأملاح المعدنية*
	0.5	0.5	داي كالسيوم فوسفات
	2	-	دهون
	100%	100%	المجموع

* Composition per 1 kg contained (Ca 0.32%; Lysine 0.09%; Methionine 0.12%; Zn 60mg; Mn 100mg; Fe 25mg; Cu 5mg Iodine; 0.5mg; Se 0.2mg; Vit A 12000 IU; Vit D 6000 IU; Vit E 30mg; Vit K 3mg; Vit B1. 1mg; Vit B2. 4mg; Vit B6. 3mg; Vit B12. 25mcg; Pantothenic 10mg; Niacin 30mg; Folic 0.5mg; Biotin 50mcg; Choline 600mg.

المواد الأولية المستخدمة في تصنيع العلف وطريقة تحضيرها

شملت المواد الأولية الخام التي استخدمت في تصنيع الاعلاف ال بديلة على أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً ، تمر البسور ، حبوب القمح العلفية، النشا، داي كالسيوم فوسفات و مخلوط الفيتامينات والعناصر المعدنية (Minerals and Vitamins Premix). وقد تم الحصول على جميع هذه المواد من

السوق المحلية في السلطنة ، أما بالنسبة لعليقة العلف القياسي فقد تم شراء كسبة فول الصويا ، مسحوق السمك المستورد و داي كالسيوم فوسفات (Di-Calcium Phosphate) من شركة المطاحن العمانية.

أجهزة التصنيع

تم تصنيع العلائق في الوحدة البحثية لتصنيع الأعلاف السمكية في مركز الاستزراع السمكي التابع لوزارة الزراعة والثروة السمكية (شكل 6 و7) ويشمل خط التصنيع على الأجهزة التالية

- جهاز الطحن (Grinder) وبطاقة 150 كغم/ساعة.
- جهاز الخلاط الأفقي (Mixer) وبطاقة 40 كغم للخلاطة الواحدة.
- جهاز الناقل بالبريمة (Screw Conveyor) لنقل المواد المخلوطة الى جهاز التغذية في جهاز البائق الحراري.
- جهاز التغذية للمواد المخلوطة (Filling Hopper) يعمل بدفع المواد المخلوطة الى جهاز البائق الحراري.
- جهاز البائق الحراري مزدوج الحلزون (Twin Screw Extruder).
- جهاز تقطيع الأقراص المنتجة (Cutter).
- جهاز الشفط الهوائي (Pneumatic Conveyor) يتم نقل الأقراص (Pellet) المنتجة من جهاز البائق الحراري إلى للمجفف حيث أن المنتج تكون نسبة رطوبته من 25- 28 %.
- جهاز التجفيف ثلاثي الطبقات (Three Layers Oven Drier) لتجفيف اقراص العلف.
- جهاز التبريد (Cooling Belt) يعمل على تبريد أقراص العلف بعد عملية التجفيف.

طريقة تصنيع العلف البديل باستخدام البائق الحراري

تم تخصيص خط الإنتاج في وحدة تصنيع الأعلاف السمكية لتصنيع أعلاف طافية من المواد الأولية التقليدية مثل حبوب الذرة الصفراء ، كسبة فول الصويا و مسحوق السمك، أما استخدام مواد علفية خام غير تقليدية مثل أسماك السردين و الأسماك البرية (Trash Fish) المجففة تقليدياً و تمور البسور في تصنيع أعلاف الأسماك الطافية فقد تتطلب إجراء تجارب تصنيعيه للحصول على علف أسماك يتصف بمواصفات غذائية عالية تتناسب مع الإحتياجات الغذائية لأسماك البلطي المستزرعة وتتصف بخاصية الطفو والثباتية لاقراص العلف المنتج. طريقة التصنيع موضحة في الشكل رقم (1).

تحضير المواد الأولية

تم جرش أسماك السردين الكاملة المجففة (شكل 2) و تمر البسور (شكل 3) على مرحلتين. في المرحلة الأولى تم جرش كل واحدة منها بمجرشة مصنعة محلياً مخصصة لجرش المواد الأولية مثل الحبوب وكان قطر منخل الجرش 4 ملم (4 mm screen)، بعد ذلك تم وزن المواد الأولية التي سوف تستخدم في تصنيع العلف وحسب التركيبة العلفية، وتم طحن جميع المكونات عدا الفيتامينات و الأملاح المعدنية بطاحونة موجودة من ضمن خط إنتاج أعلاف الأسماك و كان حجم الطحن (0.600 mm).

ثم تم خلط جميع المكونات بخلاط أفقي (Mixer) مع إضافة الماء بمقدار 2000 مل لكل 10 كغم للخلطة الواحدة وكذلك إضافة الدهون في المرحلة الأخيرة من الخلط ومن ثم تم نقل المواد المخلوطة الى جهاز التغذية للمواد المخلوطة (Filling Hopper) في مجموعة الباتق الحراري (Extruder Group).

كما أشرنا سابقاً بأن جهاز الباتق الحراري هو مخصص لتصنيع أعلاف من مواد أولية خام تقليدية (حبوب الذرة الصفراء، حبوب القمح، كسبة فول الصويا و مسحوق السمك) ، لكن في حالة استخدام مواد أولية غير تقليدية مثل أسماك السردين المجففة تقليدياً فتتطلب إجراء تجارب تصنيعية لمعرفة نسبة الرطوبة، سرعة جهاز التغذية (Feeder)، سرعة البريمة داخل جهاز الباتق الحراري و سرعة جهاز تقطيع الحبيبات، وكذلك تتطلب معرفة درجات الحرارة في اقسام برميل الاكسترودر (Zone)، ومن خلال هذه التجارب التصنيعية تم قياس الصفات الفيزيائية للحبيبات المنتجة لتحقيق خاصية الطفو والثباتية .

بعد ذلك تم نقل الحبيبات المنتجة عن طريق جهاز ناقل بالهواء (Pneumatic Conveyor) وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من الرطوبة إلى جهاز التجفيف ثلاثي الطبقات ، مع ضبط درجة حرارة التجفيف على درجة الحرارة المناسب، وبعد إكمال مرحلة التجفيف تم نقلها عن طريق حزام ناقل الى جهاز التبريد (Cooling Belt) لتبريد المنتج وكان آخر مرحلة هي تعبئة المنتج.

تم تقييم خاصية الطفو (شكل 4) و خاصية الثباتية (شكل 5) لحبيبات العلف المنتج ومقارنته مع العليقة القياسية المنتجة و العلف التجاري المستورد حسب الطرق القياسية المستخدمة لتقييم خاصية الطفو و الثباتية للأعلاف السمكية (Misra, et al., 2014; Momoh, et al., 2016).

تقيم الكفاءة التغذوية للعليقة البديلة في تغذية أسماك البلطي

لغرض معرفة الكفاءة التغذوية للعليقة ا لبديلة فقد تم إجراء تجربة مختبرية لمعرفة تأثير ها على أداء أسماك البلطي خلال مرحلة النمو ومقارنتها مع العليقة القياسية و العليقة التجارية المستوردة.

فقد استخدمت 90 أصبعية سمك بلطي نيلي (*Oreochromis niloticus*) بمعدل وزن 18.44 ± 1.10 غم وتم الحصول على هذه الأسماك من احد مفرخات اسماك البلطي الخاصة في السلطنة ، ووزعت للأسماك على 3 مجاميع بثلاث مكررات (10/مجموعة) لكل عليقة من العلائق الثلاث (جدول 1) ولمدة 70 يوم كما يلي: المجموعة الأولى (T1): غذيت العليقة البديلة المصنعة من أسماك السردين والأسماك البرية (Trash Fish) المجففت تقليدياً و تمور البسور.

المجموعة الثانية (T2): غذيت على عليقة قياسية (مواد علفية تقليدية مثل كسبة فول الصويا ومسحوق السمك) صنعت في الوحدة البحثية لتصنيع الاعلاف السمكية بمركز الاستزراع السمكي. المجموعة الثالثة (T3): غذيت على العلف التجاري المستورد.

بعد وصول الإصبعيات من المفتح تم وضعها في حوض رئيسي لغرض التأقلم على الظروف المعيشية في الأحواض لمدة أسبوعين، بعد ذلك تم توزيعها بصورة عشوائية على 9 أحواض من الالياف الزجاجية (فايبرجلاس) مجهزة بنظام اعادة تدوير الماء (Recirculating aquaculture system)، وتم تزويد النظام بمرشح بيولوجي، وفي كل حوض مضخة هواء توفرأوكسجين مذاب ، كذلك تم التحكم في درجة حرارة الماء بواسطة السخانات الأوتوماتيكية وتم قياسها مرتين يوميا باستخدام مقياس الحرارة ، و تم الحفاظ على درجة حرارة الماء بين 27-28 درجة مئوية خلال التجربة ، ويتم استبدال حوالي 10% من حجم المياه بمياه عذبة جديدة يوميا.

تم تغذية الأسماك على العلائق التجريبية لفترة تمهيدية لمدة 10 أيام وبعدها تم أخذ الوزن الابتدائي للأسماك. غذيت للأسماك بنسبة 4% منوزنها يوميا و بوجبتين الساعة 8 صباحاً و الساعة 2 ظهراً ، حيث تعد لكمية العلف المقدم كل أسبوعين تبعاً لوزن الأسماك. في نهاية التجربة يتم أخذ 9 أسماك (3 مكررات) و بصورة عشوائية لغرض التقييم الغذائي و تمت المراقبة الدورية لدرجات الحرارة و نسبة الأوكسجين المذاب في أحواض التربية. وتم قياس الأوزان للمجاميع الثلاثة كل 2 اسبوع (Biweekly) بهدف معرفة النمو وكذلك تقدير احتياجات كمية العلف المطلوب وقياس معدل إستهلاك العلف يوميا، كما تم إجراء تحليل كيميائي للأسماك

لتقدير القيمة الغذائية في نهاية التجربة. وتم إجراء تحليل القيمة الغذائية للأعلاف البديلة بمقارنتها مع العليقة القياسية و العلف التجاري المستورد (جدول 2)، تم إجراء التحليل الكيماوي (Proximate Analysis) للعلائق المصنعة حسب طرق AOAC (1990) و تم إجراء التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام خطوات GLM Procedure لنظام SAS (2004).

4. النتائج و المناقشة

نتائج الصفات الكيماوية والفيزيائية للأعلاف المنتجة

أظهر التحليل الكيماوي للعلائق المصنعة بالمقارنة مع العلف التجاري المستورد كما هو موضح في الجدول (2)، أن الأعلاف الثلاثة كانت متقاربة بأغلب القيم الغذائية و لكن لوحظ ارتفاع نسبة البروتين في العلف التجاري المستورد ، أما نتائج التقييم الفيزيائي للعلائق الثلاث فإنه موضح في الجدول (3). حيث أظهرت النتائج بأن خاصية الطفو لحبيبات العلف البديل كانت 100% لمدة 120 دقيقة ولم تختلف عن العليقة القياسية والمستوردة. أما خاصية الثباتية للعلف الجديد فقد كانت متقاربة للعلف القياسي والعلف المستورد حيث كانت 74.53%، 76.11% و 75.69% على التوالي.

جدول 2: التحليل الكيماوي للعلائق الثلاث المستخدمة في تجربة النمو لاسماك البلطي

العناصر الغذائية %	العلف البديل (T1)	علف قياسي (T2)	علف تجاري (T3)
المادة الجافة	93.52	92.48	96.02
بروتين خام	36.74	35.21	38.01
دهن خام	2.11	2.73	2.30
ألياف خام	4.40	5.62	2.57
رماد	8.44	8.32	8.44

جدول 3: خاصية الطفو والثباتية لحبيبات الأعلاف الثلاثة.

الخاصية %	العلف البديل	علف قياسي	علف تجاري
-----------	--------------	-----------	-----------

(T3)	(T2)	(T1)	
%100	%100	%100	خاصية الطفو لمدة 120 دقيقة
%75.69	%76.11	%74.53	خاصية التباتية لمدة 120 دقيقة

نتائج تجربة التغذية

أعطت نتائج تجربة التغذية (جدول 4) مؤشراً أولياً مهماً بأن استخدام العلف البديل (T1) الم اعتمد على نسبة عالية من أسماك السردين المجففة تقليدياً (53%) وتمور البسور بنسبة 10% من العليقة لم يؤثر على معدل تناول الأسماك لهذه العليقة ، بل كان هناك تقبل سريع واستساغة عالية لهذا العلف. كذلك لم تظهر أي ظواهر مرضية لدى أسماك البلطي نتيجة تناولها هذا العلف، وهذا يؤكد بان تصنيع هذا العلف عن طريق تكنولوجيا البثق الحراري (Extrusion) يحسن من جودة العلف من ناحية القيمة الغذائية والتخلص من المسببات المرضية التي تعتبر إحدى أهم المعوقات لاستغلال أسماك السردين المجففة تقليدياً في تغذية الحيوانات الزراعية، ويعد التقبل السريع و الاستساغة العالية من قبل الأسماك أفضل مؤشر أولي على جودة العلف.

كما تظهر نتائج هذه التجربة (جدول 4) بوضوح أن استخدام العليقة البديلة (T1) التي تعتمد في تصنيعها على المواد الأولية المتوفرة محلياً و المصنعة باستخدام البائق الحراري (Extruder) في تغذية إصبعيات أسماك البلطي المستزرعة تحت نظام الاستزراع السمكي المكثف قد أدى الى تفوق معنوي ($P < 0.05$) في أغلب الصفات المدروسة مقارنة ب إصبعيات الأسماك المغذاة على العليقة التجارية المستوردة. حيث يوجد تفوق معنوي في الوزن النهائي، الزيادة الوزنية، معامل التحويل الغذائي، معدل النمو النسبي و نسبة كفاءة البروتين. بمقدار 44%، 61%، 40%، و 26% و 44% على التوالي.

جدول 4: تأثير العلائق الثلاث التجريبية على إداء أسماك البلطي خلال مرحلة النمو.

الصفات	العلف البديل (T1)	علف قياسي (T2)	علف تجاري مستورد (T3)
الوزن الابتدائي (غم/سمكة)	19.2±0.82 ^a	18.20±0.53 ^a	17.92 ±0.96 ^a
الوزن النهائي (غم/سمكة)	82.67±3.00 ^a	73.89±4.69 ^a	57.12±1.681 ^b
معدل الزيادة الوزنية (غم/سمكة)	63.47±4.034 ^a	55.69±4.29 ^a	39.20±1.79 ^b
معدل استهلاك العلف (غم/سمكة)	117.3±3.85 ^a	113.8±4.77 ^a	101.14±2.61 ^b

2.58±0.122 ^b	2.03±0.134 ^a	1.84±0.161 ^a	معدل التحويل الغذائي
1.50 ± 0.061 ^b	1.81 ± 0.049 ^a	1.90 ± 0.089 ^a	معدل النمو النسبي
38.43±0.35 ^b	39.83±0.5 ^b	43.04±0.5 ^a	كمية البروتين المتناول (غم)
1.02±0.127 ^b	1.39±0.131 ^{a,b}	1.47±0.137 ^a	نسبة كفاءة البروتين (%)
93.3	90.0	93.3	معدل البقاء (Survival Rate) %

المتوسطات التي حروفاً مختلفة ضمن الصف الواحد تختلف معنوياً (P<0.05)

عند مقارنة المجد موعة المغذاة على العلقة الهديلة (T1) مع العلقة القياسية (T2) لم يكن هناك اختلاف معنوي (P>0.05) في الصفات المدروسة بين العلقة الهديلة (T1) والعلقة القياسية (T2) والمصنعة محلياً من مواد أولية خام تقليدية (جدول 1)، ولكن هناك تفوق نسبي في الوزن النهائي، الزيادة الوزنية، ومعدل التحويل الغذائي بمقدار 12%، 14% و 10% على التوالي (جدول 4).

أما تأثير تغذية العلقة الهديلة على مكونات الأسماك من العناصر الغذائية فهي موضحة في الجدول (5). فقد أظهرت النتائج بعدم وجود اختلافات معنوية في مكونات جسم السمكة في نهاية التجربة من حيث نسب المادة الجافة، البروتين الخام والرماد ولكن كانت هناك زيادة معنوية في نسبة الدهون للأسماك المغذاة على العلقة الهديلة مقارنة مع الأسماك المغذاة على العلف المستورد. فقد كانت نسبة الدهن في الأسماك المغذاة على العلقة الهديلة، العلقة القياسية و المستوردة مقدارها 6.30%، 5.73% و 3.85% على التوالي. تؤكد هذه النتائج أن استخدام نسب عالية من السردين المجفف تقليدياً و تمر البسور لا يظهر أي تأثيرات سلبية على مكونات جسم الأسماك بل يؤدي تحسن معنوي في نسبة الدهون.

جدول 5: تأثير العلائق الثلاث على مكونات جسم الأسماك من العناصر الغذائية

العناصر الغذائية %	العلق البديل (T1)	علق قياسي (T2)	علق تجاري مستورد (T3)
المادة الجافة	24.52±0.05 ^a	24.79±0.04 ^a	24.56±0.07 ^a
البروتين الخام	23.72±2.62 ^a	22.98±4.06 ^a	24.77±3.44 ^a
الدهن	6.30±0.856 ^a	5.73±0.158 ^a	3.85±0.08 ^b

3.003±0.433 ^a	3.42±0.157 ^a	3.95±0.086 ^a	الرماد
--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------

المتوسطات التي حروفاً مختلفة ضمن الصف الواحد تختلف معنوياً (P<0.05)

التقييم الإقتصادي

على ضوء نتائج تجربة الأداء فقد تم تقدير كلفة العلف المطلوب لإنتاج 1 كغم من سمك البلطي (جدول 6). أظهرت النتائج بوضوح أن استخدام العليقة البديلة والتي تعتمد على مواد خام محلية تحقق خفض بكلفة الإنتاج بمقدار 48.9% عن الأسماك المغذاة على العلف التجاري ، حيث كانت كلفة العلف المطلوب لإنتاج 1 كغم سمك بلطي 0.374، 0.475 و 0.735 (ر.ع /كغم زيادة بالوزن) للعلف البديل (T1)، العلف القياسي (T2) و العلف التجاري المستورد (T3) على التوالي.

جدول 6: التقييم الإقتصادي لأستخدام العلائق الثلاثة في تغذية أسماك البلطي المستزرعة

الصفات	العلف البديل (T1)	علف قياسي (T2)	علف تجاري (T3)
كلفة العلف (ر.ع /طن)*	*214	*244	**285
معدل أستهلاك العلف (غم/سمكة)	117.3	113.8	101.14
معدل الزيادة الوزنية (غم/سمكة)	63.47	55.69	39.20
معدل التحويل الغذائي (كغم علف/كغم زيادة وزنية)	1.84	2.03	2.58
كلفة الزيادة الوزنية (ر.ع/كغم زيادة في الوزن)	0.374	0.475	0.735
نسبة الخفض في كلفة الزيادة الوزنية (%)	48.9	35.3	-

*كلفة المواد الأولية +25 ر.ع كلف التصنيع + ريج 10 ر.ع للطن الواحد خلال هذا العام 2018

** سعر العلف المستورد واصل الى شمال السلطنة.

5. نشر و تبني النتائج المتحققة

نظراً للنتائج الواعدة المتحققة فقد تم العمل على نقل و نشر هذه النتائج المتحققة من المستوى البحثي

المختبري الى المستوى الحقلي لمربي الأسماك والمصنعين وقد تم تحقيق النتائج التالية:

- تم تسجيل براءة اختراع " تركيب وتصنيع علف جديد يتصف بخاصية الطفو لأسماك البلطي و يعتمد في تصنيعه على موارد أولية خام متوفرة محلياً" الى دائرة الملكية الفكرية في المديرية العامة للتجارة التابعة لوزارة التجارة والصناعة في سلطنة عمان.
- تبنت شركة موج الطلابية من جامعة السلطان قابوس بعض النتائج المتحققة من هذه الدراسة وفازت بالجائزة الأولى في مسابقة إنجاز عمان على مستوى السلطنة لعام 2018 والجائزة الثانية على مستوى الوطن العربي للعمل الريادي للشركات الطلابية 2018 و هذه الجائزة تساهم في صقل مهارات المشاركين في إثراء أدائهم ودعم سلوكهم الإيجابي مما يساعدهم في استكشاف القدرات الكامنة لديهم والفرص المختلفة في سوق العمل.

- حصلت شركة موج الطلابية على دعم مادي من مركز الإبتكار الصناعي في السلطنة لتحويل النتائج المتحققة إلى مشروع تجاري لإنتاج أعلاف الأسماك تخدم مشاريع الاستزراع السمكي في السلطنة وذلك بالتعاون مع مركز الاستزراع السمكي التابع لوزارة الزراعة والثروة السمكية الذي يقوم بدوره بتقديم المشورة الفنية لإنتاج 240 طن من أعلاف الأسماك الطافية في السنة كمرحلة أولى و يرتفع الإنتاج الى 1000طن/ السنة.
- تم تدريب عدد من المزارعين المشاركين في موقع العمل بمشروع الزراعة الأحيومائية على تصنيع الأعلاف السمكية لمزارعهم اعتماداً على النتائج البحثية المتحققة ، وقد وفر المزارعون المواد الأولية الخام و أشرف الفريق البحثي على التصنيع من حيث التراكيب المصنعة وسلامتها.
- كجزء من بناء القدرات للكوادر الوطنية العمانية تم تدريب 22 من طلبة الجامعات و الكليات التقنية على طرق تصنيع الأعلاف السمكية من المواد الخام المحلية و التي يتوقع أن تساهم في استحداث وحدات تصنيعية صغيرة و متوسطة على مستوى السلطنة.
- تبني هذه النتائج من قبل المربين والمصنعين ستكون نقلة نوعية في تطوير تصنيع الأعلاف السمكية في سلطنة عمان ودول مجلس التعاون الخليجي ، حيث أنه سوف يخدم بصورة واسعة مشاريع الاستزراع السمكي القائمة والتي تعتمد بصورة كبيرة على الأعلاف المستوردة ، حيث أن أهم المحددات للتوسع في الاستزراع السمكي في السلطنة هو الكلفة العالية للأعلاف المستوردة.

6. المراجع

1. AOAC (1990). Official methods of analysis. Association of official Analysis (15th edition). Washington, D.C, USA
2. Azaza, M.S.; Mensi, F.; Kammoun, W.; Abdelouahab, A.; Brini, B. and Kraiem, M. (2009). Nutritional evaluation of waste date fruit as partial substitute for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia, *O. niloticus*. Aquacult. Nutrit., 15(3): 262–272.
3. Belal IEH, Al-Jasser MS (1997) Replacing dietary starch with pitted date fruit in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) feed. Aquaculture Research 28: 385-389.

4. Belal IEH (2008) Evaluating fungi-degraded date pits as a feed ingredient for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Nutrition* 14: 445-452.
5. Belal IEH, El-Tarabily KA, Kassab AA, El-Sayed AFM and Rasheed NM. (2015). Evaluation of Date Fiber as Feed Ingredient for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fingerlings. *J Aquac Res Development* 2015, 6:3.
6. Early, R.J., Mahgoub, O., Lu, C.D., Ritchie, A, Al-Halhali, A.S., Annamalai, K.,(2001). Nutritional evaluation of solar dried sardines as a ruminant protein supplement. *Small Rum. Res.* 41, 39–49.
7. El Hag, M.G., El Khanjari, H.H., (1992). Dates and sardines as potential animal feed resources. *World Anim. Rev.* 73, 15–23.
8. El Hag, M.G., Al Shargi, K.M., (1996). Feedlot performance and carcass characteristics of local (Dhofari) and exotic (Cashmere) goats fed on a high-fiber by-products diet supplemented with fish sardine. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 9, 389–396.
9. Falayi, B.A. and Sadiku, Suleiman O. E. (2013). Biotechnology of Floating Feed Development. *International Journal of Innovation Research and Development.* Vol 2 Issue 5. 1386-1406.
10. Goddard, J.S., and Al-Yahyai. D.S.S.(2001). Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 10: 39- 50.
11. Goddard, J.S., E. McLean, and K. Wille. (2003). Co-dried sardine silage as an ingredient in tilapia *Oreochromis aureus* diets. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 18: 257-264.
12. Goddard, J. S., and Ibrahim, F. S.(2015). Protein resources and aquafeed development in the Sultanate of Oman. *Journal of Agricultural and Marine Sciences* Vol. 20 : 47-53
13. MAF Annual Report (2014). Ministry of Agriculture and Fisheries Annual Report.
14. MAF (2016). Agriculture and Livestock Research Annual Report, Directorate General of Agriculture and Livestock Research, Ministry of Agriculture and Fisheries, Sultanate of Oman.
15. Mahgoub, O., Kadim, I. T., Al-Jufaily, S.M., Al-Saqry, N. M., Annamalai, K., and Ritchie, A. (2005). Evaluation of sun-dried sardines as a protein supplement for Omani sheep. *Animal Feed Science and Technology* 120:245-257.
16. Misra CK, Sahu NP, Jain KK .(2002) Effect of Extrusion Processing and Steam Pelleting Diets on Pellet Durability, Water Absorption and Physical Response of *Macrobrachium rosenbergii*. *Asian-Australian Journal of Animal Science*; 15(9): 1354-1358.
17. Momoh, A. T., Abubakar, M. Y. and Ipinjolu, J. K. (2016)Effect of ingredients substitution on binding, water stability and floatation of farm-made fish feed. *International journal of Fisheries and Aquaculture Science* 4(3):92-97
18. Orire AM, Sadiku SOE. (2014). Development of Farm-made Floating Feeds for Aquaculture Species. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food.* 2014; 2(1):521-523
19. Ramachandra rao H.G. and Thejaswini M.L. (2015) Extrusion Technology: A Novel Method of Food Processing. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 2 Issue 4, April.
20. SAS 2004 SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
21. Vijayagopal, P. (2004) Palletization and extrusion in aquatic feed technology. *Fishing Chimes.* Vol 23: 10:35-38.

22. Yousif, O.M., Osman, M.F. & Alhadrami, G.A. (1996) Evaluation of dates and date pits as dietary ingredients in tilapia (*Oreochromis aureus*) diets differing in protein sources. *Bioresource Technology*,57, 81–85.

Development of Low-Cost Fish Feed for Culture Tilapia from Local Raw Materials

Abstract

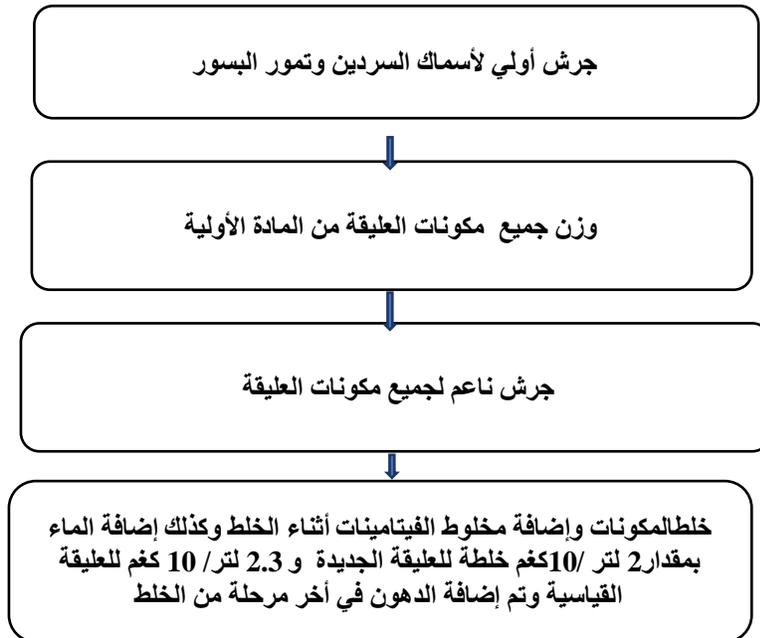
The wide development of Aquaculture farming in the Sultanate of Oman through integrated tilapia culture projects as well as investment projects for marine aquaculture, which requires the provision of specialized fish feed. Despite the development in the feed industry in Oman, there is no Feed Mill specialized in the manufacture of fish feed. In addition, these major Feed Mills in the Sultanate rely mainly on raw materials imported from abroad. Specialized costly fish feed is currently imported from the GCC countries. Fish are characterized by their high nutrient requirements, especially protein, compared with other farm animals. Fish feeding systems depend on the type of river fish (carp, tilapia and trout), marine fish, and nature and breeding systems (ponds, cages). To achieve the best economic return, it requires the provision of a balanced and integrated feed of all the nutrients needed by these animals. Considerable amount of sundried trash fish and inferior quality whole dates, are available in commercial quantities in Oman. But these unconventional feed resources are underutilized in animals feeding. Sundried Trash fish is characterized by high nutritional value, high protein content (60%), amino acids and minerals and also inferior dates is excellent sources of energy (12.5-14.5 MJ). One of the most important problems or obstacles to the exploitation of sardines or dried casseroles traditionally is that the traditional drying method can be a source of pathogens, especially Salmonella and Botulism. One of technical options for improving feed quality and safety is the Extrusion Technology. This modern technology has been used for the production of feeds with good characteristics, which distinguish the feed produced by other methods free of pathogenic microbes. The manufacturing process through the cooking and pressure experienced by the product and the low humidity in it. The rate of animal utilization of these feeds increases due to improving digestibility of their components, which are usually highly digestible. Comprehensive study was conducted at Aquaculture Center to evaluate the use of Sundried Trash fish and inferior whole dates(Busser) in Fish feeding. Dry Extrusion method was used for manufacturing different types of fish feeds. Manufacturing experiments were conducted to produce floating fish feed manufactured mainly from sundried trash fish and inferior whole dates (Busser) as the main ingredients. The produced formula was evaluated in Tilapia fish feeding trial and compared with formulae manufactured from conventional feed ingredients (soy bean meal and fish meal) and finished imported Fish feed. The main outcome of this study that through Extrusion technology, high quality of Fish Feed was produced with high floating and stability (120 Minutes) and free from pathogenic microbes (Salmonella and Botulism). The feeding trial showed that fish feed manufactured from dried trash fish and inferior whole dates was highly palatable than other feed. The results clearly indicated that using that fish feed manufactured from dried Trash fish and

inferior whole dates resulted a significant improvement in Tilapia fish weight gain (62%) and feed conversion ratio (28%) as compared with imported Tilapia Fish feed. Extrusion Technology will have great economic and impact on Aquaculture farming in Oman through utilization of unconventional raw materials available locally and also will be breakthrough in fish feed manufacturing industry.

The method of exploitation of the results of this study includes the use of the formula and the method of manufacturing it by the Feed Mill for the purpose of production at the commercial level. Small and medium feed plants and integrated aquaculture projects can be benefited from this invention. This study provides a new method that has not been previously used. It is the treatment of trash fish traditionally dried and available in large quantities through thermal extruding technology, which improves the nutritional value and product safety of the pathogens that are present in dried fish due to improper drying method. The main outcomes of present study are as follow:

- A new patent for the formulation and manufacturing of new Tilapia fish feed, based on raw materials locally available, has been registered by the Department of Intellectual Property at the General Directorate of Commerce of the Ministry of Commerce and Industry of the Sultanate of Oman.
- Al-Moj Student Company adopted some of the results achieved from this study and won the first prize for Oman Achievement in the Sultanate and the second prize in the Arab World for the pioneering work of the student companies. This award helps to enhance the participants' skills in enriching their performance and supporting their positive behavior. And different opportunities in the labor market.
- Al-Moj Company received financial support from the Oman Innovation Center to transfer the results achieved to a commercial project for the production of fish feed to serve fish farming projects in the Sultanate. The Aquaculture Center of the Ministry of Agriculture and Fisheries provides technical advice for the production of 240 tons of floating fish feed per year as a first stage and the production rises to 1000 tons / year. The results obtained in this research achievement will be implanted at commercial level.
- The Aquaculture Center has trained on-site training for a number of farmers in the aquaculture project to manufacture fish feed for their farms and based on the results obtained from this research effort. Farmers provided the raw materials. The work of the research team of the center is to supervise the manufacturing in terms of manufactured formulae and manufacturing method.
- On-The Job Training courses were conducted for 22 trainees from Universities and Technical Colleges on the methods of processing fish feed from local raw materials. These training will contribute in the future to the development of medium and medium-sized feed manufacturing units in the Sultanate.
- The adoption of these results by Fish farmers and Feed manufacturers will be a breakthrough in the development of fish feed Manufacturing in Oman and other GCC Countries the Sultanate. As it will greatly serve the existing fish farming projects which

depend on heavily on imported Fish feeds and raw materials. Costly imported fish feed is the main constraints of expansion of Aquaculture in Oman.





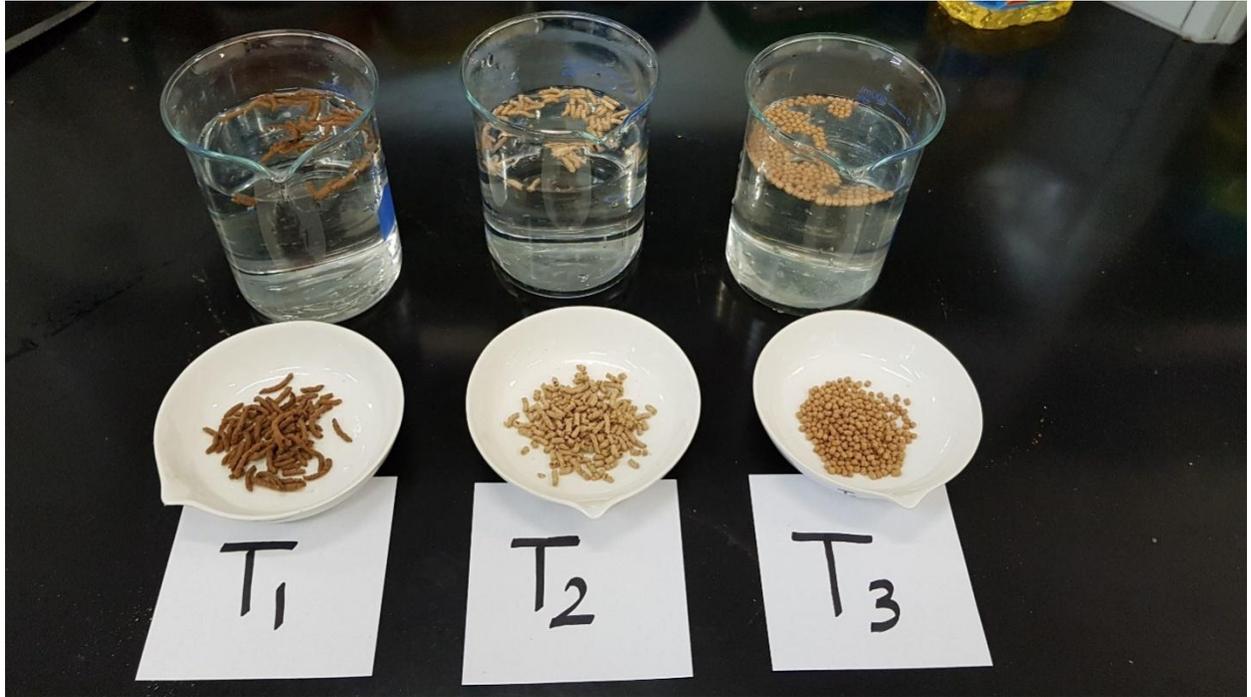
شكل (1) خطوات تصنيع العلف الجديد



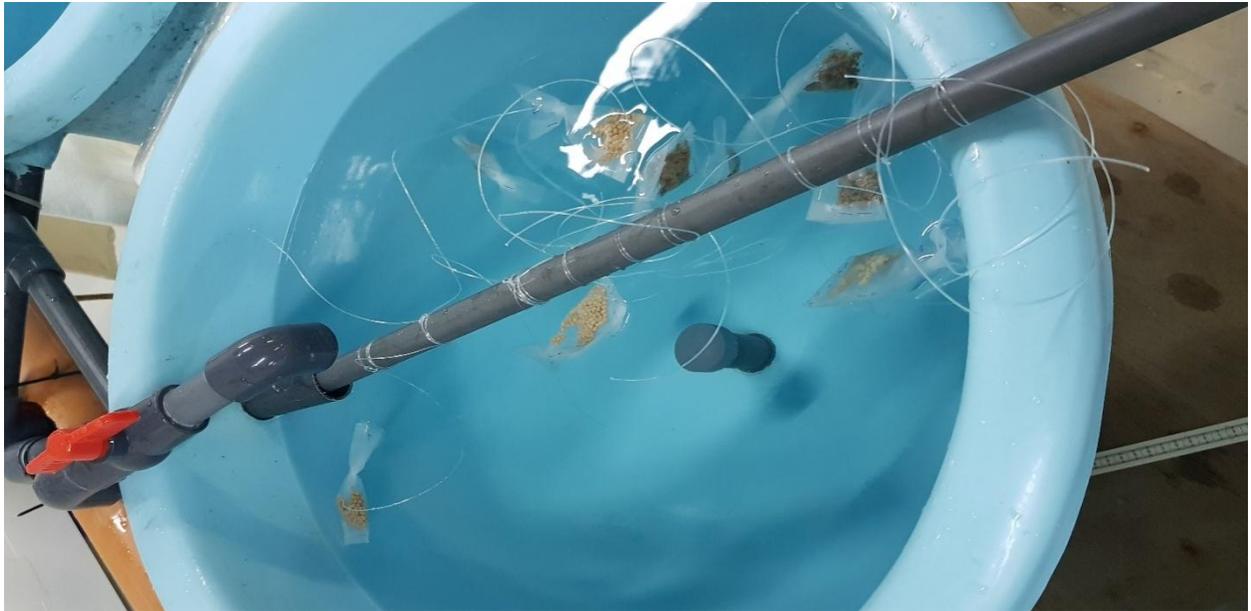
شكل (2) أسماك سردين مجففة تقليديا مجروشة



شكل (3) تمر البسور المجروش



شكل (4) إختبار خاصية الطفو



شكل (5) أختبار خاصية الثباتية



شكل (6) وحدة تصنيع أعلاف الأسماك



شكل (7) وحدة تصنيع أعلاف الأسماك