مثبطات النمو في المصادر العلفية النباتية و أثرها على الأسماك: استعراض مرجعي

محمد بن عبدالله العويفير

قسم الإنتاج الحيواني و السمكي ، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل الأحساء ، المملكة العربية السعودية

الملخص:

إن إستخدام المصادر العلفية النباتية والتي تشمل البذور الزيتية وبذور البقوليات والحبوب والنباتات الدرنية كمساحيق في أعلاف الأسماك يعتبر محدودا ، وذلك راجع إلى وجود عدد من مثبطات النمو في هذه المصادر. ولعل من أهم هذه المثبطات، مثبطات الأنزيمات البروتينية ومركبات اللكتين ومركبات التان والجوسيبولات والفيتينات والجلوكوسينوليتات والصابونينات والسيانوجينات والمركبات الشبه قلوية والمركبات القليلة التسكر والمركبات العديدة التسكر الغير نشوية. لقد تم في هذه المراجعة التعريف بكل مثبط من المثبطات الهامة مع إستعراض الآثار التي تحدثها هذه المثبطات على الأسماك من خلال الحدود الدنيا و الحدود العليا لكل مثبط. لقد تم تقسيم الدراسات في هذه المراجعة إلى قسمين، دراسات تطرقت إلى أثر المثبطات على الأسماك من خلال إضافة هذه المثبطات بشكلها النقي إلى أعلاف الأسماك، بينما تطرق القسم الأخر من الدراسات إلى المثبطات التي تدخل في تركيب العلف من خلال إضافة المصادر النباتية المعروف باحتوائها على بعض المثبطات إلى الأعلاف بمستويات مختلفة. وأياً كانت الطريقة التي تمت بها دراسة أثر هذه المثبطات على الأسماك، فإن الآثار السلبية المترتبة على إضافتها قد تنوعت ما بين انخفاض في استساغة الأعلاف و انخفاض في الكفاءة الغذائية للأعلاف و انخفاض في معدلات الهضم للمغذيات بشكل عام، إضافة إلى الانخفاض في نمو الأسماك كنتيجة نهائية لهذه الآثار. كما تم استعراض الطرق المتبعة في تقليل الآثار السلبية لهذه المثبطات والتي تشمل المعالجة الحرارية، سواء

بالبخار الساخن المصاحب للضغط أو بالتسخين على الجاف، والمعالجة بالاستخلاص، سواء بالمذيبات أو بالماء الساخن من خلال التنقيع، وبإضافة الإنزيمات الهاضمة أو العوامل المؤكسدة.

الكلمات المفتاحية: مثبطات النمو، الأسماك، الأعلاف، المصادر العلفية النباتية.

المقدمة:

تعتبر مساحيق المصادر العلفية النباتية مصدرا رديفا لمساحيق الأسماك في تكوين الأعلاف السمكية بشكل عام، حيث تتميز هذه المساحيق النباتية بعدة مميزات جعل من إضافتها إلى أعلاف الأسماك أمرا حتميا في ظل الظروف العالمية الصعبة التي تواجه صناعة المساحيق السمكية والتي تشمل قلة المصادر وارتفاع التكلفة.

ولعل أهم ما يميز المساحيق النباتية عن غيرها من المساحيق الحيوانية بشكل عام والمساحيق السمكية بوجه خاص، هو أنها تتواجد بكميات كبيرة جدا تفوق كميات المساحيق الحيوانية والسمكية مجتمعة أضعاف مضاعفة، كما أنها تتوفر بأنواع متعددة ناهيك عن انخفاض أثمانها مقارنة بأثمان المساحيق السمكية. يضاف إلى ذلك احتواء الكثير منها على نسب مرتفعة من البروتينات.

إن استخدام مساحيق من المصادر العلفية النباتية في أعلاف الأسماك معروف منذ عدة عقود، حيث أظهرت نتائج الدراسات في مجال تغذية الأسماك نجاحا نسبيا ملحوظا في هذا المجال خصوصا في حال الاستعاضة الجزئية عن مساحيق الأسماك بالمساحيق النباتية، إلا أن تلك الدراسات لم يحالفها الحظ بعد فيما يتعلق بالاستعاضة الكلية. وقد أرجع السبب في ذلك إلى عدة عوامل لعل من أهمها هو

وجود مثبطات للنمو في هذه المساحيق (Liener, 1980; Huisman *et al*., 1989; Krogdahl, 1989; NRC, 1993).

تعرف مثبطات النمو، بأنها تلك المواد أو المواد الناتجة عنها داخل جسم الكائن التي تصطدم مع مكونات الأعلاف وتحدث أثرا سلبيا على كفاءة وإنتاجية وصحة الكائن. وقد قسمت هذه المثبطات إلى عدة مجموعات وذلك بناء على عنصرين، الأول هو تركيبها الكيميائي الذي تتصف به والثاني هو الآثار السلبية التي تحدثها هذه المثبطات في حال تناولها من قبل الأسماك. ومن خلال هذا التقسيم تم حصر المثبطات في أربعة مجاميع، فهناك المثبطات التي تؤثر على هضم وإستخدامات البروتينات والتي تشمل مثبطات الأنزيمات البروتينية Protease inhibitors واللكتينات Lectins ومركبات التان Tannins، ومجموعة المثبطات التي تؤثر على إمتصاص وإستخدامات المعادن وتشمل الجوسيبولات Gossypols والفيتينات Phytates، ومجموعة مثبطات الجلوكوسيدات Glucosides وتشمل الجلوكوسينوليتات Gulocosinolates والصابونينات Saponins والسيانوجينات Cyanogens، أما المجموعة الرابعة فتشمل ما تبقى من هذه المثبطات ولعل من أهمها أو ما سيتم التطرق إليه في هذا الإستعراض، هي المركبات الشبه القلوية Alkaloids والمركبات القليلة التسكر والمركبات العديدة التسكر الغير نشوية Oligosaccharides and Non Starch Polysaccharides.

كما سيتم في هذا الاستعراض المرجعي ذكر مثبطات النمو الرئيسية التي تتواجد في المصادر النباتية والتي من المتوقع أن تحل محل المساحيق السمكية بصورة كلية، حيث سيتم تسليط الضوء على الآثار السلبية الناتجة من إضافة هذه المثبطات إلى أعلاف الأسماك المختلفة سواء بصورتها النقية المستخلصة من المصدر النباتي أو بصورتها الطبيعية التي تتواجد عليها في ذلك المصدر، كما سيتم تسليط الضوء على

الطرق المتبعة في كيفية التخلص من هذه المثبطات أو التقليل من تراكيزها في المصادر النباتية.

مثبطات الأنزيمات البروتينية Protease inhibitors :

تعتبر مثبطات الإنزيمات البروتينية واسعة الإنتشار في كثير من المصادر النباتية التي تدخل في تركيب أعلاف الأسماك، ومنها على وجه الخصوص البقوليات و البذور الزيتية (Norton, 1991). وتعود أهمية هذه المثبطات إلى وجودها في مصادر علفية نباتية هامة إضافة إلى قوة تأثيرها على بعض الإنزيمات. و توجد مجموعتان من مثبطات الإنزيمات البروتينية، تعرف الأولى بإسم مجموعة كونيتز Kunitz وهي تستهدف في تأثيرها إنزيم التربسين trypsin inhibitor وتتصف هذه المجموعة بأنها حساسة للحرارة والأحماض، أما المجموعة الثانية فإنها تستهدف كل من أنزيم التربسين وأنزيم الكيموتربسين وتعرف بإسم مجموعة بومان- بيرك Bowman-Birk وتتصف هذه المجموعة بأنها مقاومة للحرارة (Norton, 1991).

تتواجد مثبطات أنزيم التربسين في منتجات فول الصويا التجارية بمستوى يتراوح ما بين ٢- ٦ مجم/جم (Synder and Kwon, 1987)، كما أنها تتواجد في أنواع عديدة من المملكة النباتية حيث تتواجد في معظم بذور البقوليات والحبوب والبذور الزيتية. وتختلف الأسماك فيما بينها في قدرتها على تحمل أثر مثبطات إنزيم التربسين، حيث وجد أن أسماك البلطي *Oreochromis mossabicus* (Jackson *et al*., 1982) وأسماك المبروك *Cyprinus carpio* (Makkar and Becker, 1999) وأسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* (Rumsey *et al*., 1993) وأسماك القراميط الأمريكية *Ictalurus punctatus* (Wilson and Poe, 1985) وأسماك السلمون *Salmo salar* (Olli *et al*., 1994a) وأسماك الشعم البحري ذو الرأس

اللامع *Sparus aurata* (Robaina *et al*., 1995) عند تناولها أعلافا تحتوي على مصادر نباتية يعرف عنها إحتوائها على نسب من مثبطات أنزيم التربسين مثل مسحوق فول الصويا ومسحوق بذور الترمس ومسحوق بذور اللفت، أنها تبدي مستويات من النمو متقاربة مع المستويات التي تبديها الأسماك التي تناولت الأعلاف القياسية (مسحوق السمك) والتي تخلو من هذه المثبطات. كما لوحظ أن مستويات من مثبطات أنزيم التربسين تقدر بـ ١,٦ مجم/جم أو أكثر قد أعاقت نمو أسماك البلطي النيلي *Oreochromis niloticus*، إلا أن هذه الأسماك قد قاومت ونمت نموا جيدا عندما إنخفض مستوى مثبطات الإنزيم إلى ٠,٦ مجم/جم (Wee and Shu, 1989). في بعض الأسماك مثل أسماك المبروك *Cyprinus carpio* لم تلاحظ فروقات في النمو عندما تناولت نوعين من الأعلاف معالجة حراريا يحتوي الأول على ٢٤,٨ مجم/جم بينما يحتوي الأخر على مستويات تتراوح ما بين ١,٣- ٨,٣ مجم/جم من مثبطات أنزيم التربسين، مما يعطي إنطباعا بأن لهذه الأسماك القدرة على تحمل مدى واسع من هذه المثبطات (Makkar and Becker, 1999). كما وجد أن أفضل نمو تبديه إصبعيات أسماك القراميط الأمريكية *Ictalurus punctatus* عندما يكون مستوى مثبط أنزيم التربسين في العليقة عند المستوى ٢,٢ مجم/جم (Wilson and Poe, 1985).

من جانب أخر، فقد وجد أن أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* حساسة جدا لمثبطات الأنزيمات البروتينية الموجودة في فول الصويا، وأن هناك علاقة مباشرة بين كمية مثبطات أنزيم التربسين في العليقة وتوفر كل من البروتين والطاقة (Sandholm *et al*., 1976; Krogdahl *et al*., 1994). ولقد توقع Dabrowski *et al.* (1989) أن ضعف إفراز أنزيم الكيموتربسين chymotrypsin في أسماك التراوت

القزحية *Oncorhynchus mykiss* التي تناولت أعلافا تحتوي على فول الصويا، هو نتيجة لتثبيط أو توقف الآلية التي يتم بها إفراز الإنزيم من البنكرياس.

لقد وجد أن أعلى مستوى يتم فيه إنتاج أنزيم التربسين في أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* عندما يكون مستوى مثبط أنزيم التربسين في العليقة عند ٤,٨ مجم/جم (Olli *et al*., 1994a). كما لوحظ أن أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* كانت قادرة على التعويض الجزئي لأثر مثبط أنزيم التربسين بزيادة الإفراز الإنزيمي و بتعزيز إمتصاص البروتين في الجزء الأخير من الأمعاء (Krogdahl *et al*., 1994). ومما سبق ذكره، يبدو أن أغلب الأسماك المستزرعة قادرة على تعويض أثر مثبطات أنزيم التربسين عليها عندما يتواجد في الأعلاف بمستوى أقل من ٥ مجم/جم عن طريق زيادة إفراز أنزيم التربسين.

لقد لوحظ أنه من الممكن تقليل المستويات الحرجة من مثبطات أنزيم التربسين الموجودة في المصادر العلفية النباتية إلى مستويات مأمونة عن طريق المعالجة الحرارية بالبخار الساخن (autoclaving) لمدة تتراوح ما بين ١٥- ٣٠ دقيقة (Norton, 1991). ولكن يجب توخي الحذر عند استخدام هذه الطريقة حيث أن أية زيادة في فترة التسخين قد تؤثر على مكونات المصدر العلفي بفقد بعض الأحماض الأمينية الأساسية خصوصا اللايسين (NRC, 1993) مما يتسبب في إنخفاض القيمة الغذائية لهذا المصدر.

مركبات اللكتين Lectins :

تعرف مركبات اللكتين بإسم phytohaemagglutinins و هي تتواجد في كثير من بذور البقوليات ولديها القدرة على ربط أجزاء من مركبات الهيدروكربونات المتواجدة في أغشية الخلية. وتعتبر اللكتينات بروتينات مقاومة جزئيا للتحلل

بالأنزيمات الهاضمة في الأمعاء، حيث تشمل أثارها البيولوجية الإضرار بعمليات الأيض وتغير الشكل الخارجي لخملات الأمعاء الدقيقة (Grant, 1991).

تعود سمية لكتين فول الصويا الغير منزوع الدهن إلى قدرة هذه المركبات على الإرتباط بشدة مع خملات السطح الخارجي لخلايا الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة في أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* (Hendricks *et al.,* 1990). لقد شاهد Van der Ingh *et al.* (1991) اختلافات واضحة على الطبقة المخاطية لمنطقة الأمعاء الدقيقة (الجزء الأخير) في أسماك السلمون الأطلسي نتيجة لتناولها مسحوق فول الصويا الكامل الدهن، حيث لوحظ زيادة عددية للخلايا الكأسية في الطبقة الطلائية للأمعاء و نقص حاد في التجاويف الخلوية مع تكون حويصلات ما بين الخملات الدقيقة للخلايا، و لقد فسرت هذه التغيرات على أنها نتيجة للإفراز المفرط لمادة المخاط من خلايا الأمعاء الدقيقة كسبب للإلتهابات الشديدة التي أحدثتها مركبات اللكتين. وعلى هذا فمن المعتقد أن الإلتهابات التي تحدثها مركبات اللكتين لخلايا الأمعاء والتي تتسبب في الإفراز المفرط لمادة المخاط قد تضعف من النشاط الإنزيمي و كفاءة الإمتصاص في الأمعاء.

في دراسات أخرى، ثبت أن نمو أسماك المبروك الشائع *Cyprinus carpio* لم يتأثر نتيجة لتغذيتها على مستويات سواء منخفضة (١,٢ وحدة haemagglutination) أو عالية (٥١ وحدة haemagglutination) من اللكتين (Makkar and Becker, 1999). كما أن الأعراض الأخرى و المرتبطة بتأثير اللكتين مثل تلف العضلات وإستنزاف الدهون من الأنسجة الدهنية و تضخم الكبد لم تظهر على هذه الأسماك (Grant, 1991).

يمكن التخلص من مركبات اللكتبن عن طريق المعالجة بالماء الساخن، أو عن طريق إستخدام الأوتوكليف (Grant, 1991). كما قام Aregheore *et al*. (1998) بتخفيض مستوى اللكتين في مسحوق بذور Jatropha من ١٠٢ إلى ١,١٧ وحدة عن طريق التسخين بالبخار تحت درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية ولمدة ١٠ دقائق.

مركبات التان Tannins :

تعتبر مركبات التان مركبات ثانوية لعدة مركبات كيميائية مختلفة واسعة الإنتشار في المملكة النباتية وهي تنقسم إلى مجموعتين: مجموعة مركبات التان القابلة للتحلل hydrolysable ومجموعة مركبات التان الكثيفة condensed.

ولهذه المركبات تأثيرات سلبية عند وجودها في عليقة الأسماك ومنها تعارضها مع عمليات الهضم سواء بربط الإنزيمات الهاضمة أو بربط مكونات العليقة مثل البروتينات والمعادن، بالإضافة إلى ذلك فإن لمركبات التان القدرة على تقليل إمتصاص فيتامين B12 (Liener, 1989). في دراسات على أسماك المبروك الشائع *Cyprinus carpio* ثبت أن هذه الأسماك لها القدرة على مقاومة تأثير تركيز ٢٪ من مسحوق التان من نوع Quebracho، وهو من النوع الكثيف، من دون ظهور أي أثر سلبي على النمو، بينما أظهرت النسبة ذاتها من نوع حمض التان tannic acid، وهو من النوع القابل للتحلل، تأثيرا مخالف أدى إلى عدم قبول الأعلاف بعد أربعة أسابيع من بداية الدراسة (Becker and Makkar, 1999)، وهذه النتيجة تتعارض مع ما ذكره Al-Owafeir (1999) الذي وجد أن إضافة ١٪ سواء من مسحوق حمض التان النقي أو مسحوق catechin (إحدى مركبات التان الكثيفة) إلى أعلاف أسماك البلطي النيلي *Oreochromis niloticus* أو أسماك القراميط الإفريقية *Clarias gariepinus* لم تحدث فروق معنوية فيما يخص قبول الأعلاف ومعامل هضم البروتين

ومستويات النمو عند مقارنتها بالأسماك التي تغذت على أعلاف خالية من تلك المركبات.

بخلاف مركبات التان الكثيفة، فإن المركبات القابلة للتحلل من السهل تفككها داخل الأجهزة الحيوية للأسماك مكونة مركبات صغيرة لها القدرة على الدخول إلى مجرى الدم، ومع مرور الوقت تسبب التسمم لبعض الأعضاء مثل الكبد والكلى. لقد أوضحت بعض الدراسات أن مركبات التان الكثيفة الموجودة في لب جوز الهند المجفف copra بنسبة ٢,٤٪ ممكن أن تكون سببا في إنخفاض نمو إصبعيات أسماك البلطي *Oreochromis mossabicus* وأسماك الروهو *Labeo rohita* عند إضافتها بنسبة ٢٠ أو ٢٥٪ (Jackson *et al*, 1982; Mukhopadhyay and Ray, 1999a). أعلاف أخرى تحتوي على مركبات التان الكثيفة مثل مسحوق بذور اللفت ومسحوق بذور البازلاء قد ثبتت مقاومة بعض الأسماك لها من المستويات المتوسطة وحتى المستويات المرتفعة. وفي دراسة مخبرية (*in vitro*)، وجد أن مسحوق الفول *Vicia faba* والذي يحتوي على مركبات التان الكثيفة قد خفض معامل هضم البروتين أكثر مما خفضه مسحوق فول الصويا (Grabner and Hofer, 1985). ولقد وجد أن الإختلافات كانت أكثر وضوحا عندما تم تمثيل معدة سمك المبروك الشائع *Cyprinus carpio* أكثر مما تم تمثيله لمعدة أسماك التراوت القزحي *Oncorhynchus mykiss*. وهذه الإختلافات توضح الفروقات في تحمل الأسماك المختلفة لمركبات التان في الأعلاف.

يعرف عن مركبات التان تفاعلها مع مثبطات نمو أخرى، على سبيل المثال تفاعل مركبات التان مع مركبات اللكتن lectins والذي يعمل على تقليل أثر التان السلبي على أنزيم الأميليز (Fish and Thompson, 1991). والتفاعل ما بين مركبات

التان ومركبات الجلوكوسيدات السيانوجينية cyanogenic glycosides والذي يقلل من الأثر السلبي للأخير (Goldstein and Spencer, 1985).

توجد عدة طرق للتخلص من مركبات التان في مصادر العليقة أو التقليل من أثرها، فمن الطرق الموصى بها للتخلص من مركبات التان نزع قشور البذور، حيث يعرف أن هذه القشور غنية بمركبات التان. كما أن المعالجة الحرارية بجهاز الأوتوكليف أو المعالجة القلوية تقلل من نسبة التان في المصادر العلفية (Griffiths, 1991). كما تم ملاحظة إنخفاض مستوى التان في مسحوق السمسم من ٢٠- ١٠ جم/كجم بعد معالجته بالتخمر مع بكتيريا حمض اللكتك (Mukhopadhyay and Ray, 1999b). كما أن المعالجة بالعوامل المؤكسدة وإضافة مواد رابطة مثل جليكولات الاثيلين المتعددة polyethylene glycol إلى الأعلاف المحتوية على مركبات التان قد يقلل من الأثر السلبي لها على الأسماك (Makkar *et al*., 1995a; Makkar and Becker, 1996).

الجوسيبولات Gossypols :

تعتبر الجوسيبولات مركبات فينولية متعددة تتواجد في الغدد الصبغية للنباتات القطنية من جنس *Gossypium* وفي أجناس أخرى من فصيلة Malvaceae. تتسبب الجوسيبولات في حالة وجودها في العليقة بإنخفاض في النمو وتغيرات غير سوية في الأمعاء وغيرها من الأعضاء الداخلية للأسماك (Berardi and Goldblatt, 1980). يعتبر إتحاد البروتين مع الجوسيبول الموجود في الأعلاف و تكون مركب معقد، السبب الرئيس لنقص بعض الأحماض الأمينية مثل حمض الميثايونين methionine والذي يعتبر الحمض الأساس لعمليات أيض الدهون (Herman, 1970)، حيث وجد إرتفاع في تركيز بعض الأحماض الدهنية مثل palmitic acid و linoleic acid

وإنخفاض في تركيز Oleic acid في عضلات أسماك البلطي النيلي *Oreochromis niloticus* عندما تناولت أعلافا تحتوي على مسحوق بذور القطن الغير منزوع الدهن (Ofojekwu and Ejike, 1984).

في دراسة على أصبعيات أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* وجد أن نمو هذه الأسماك قد إنخفض بمقدار النصف مقارنة بالمجموعة الشاهدة عندما تغذت على عليقة تحتوي على ١٪ خلات الجوسيبول gossypol acetate (Roehm *et al*., 1967)، بينما تسببت نسبة ٢٪ في رفض للعليقة من قبل الأسماك. حيث إرتبطت كمية كبيرة من الجوسيبول بأنسجة الكبد والطحال و الكلى، ولقد ظلت هذه الكمية حتى بعد أن تغذت الأسماك على أعلاف خالية من الجوسيبول لمدة ١٠ أسابيع. كما تأثر نمو أسماك البلطي الأزرق *Oreochromis aureus* عندما تغذت على جوسيبول حر بنسبة ٠,٠١٢٪ (Robinson *et al*., 1984). من جانب آخر فقد وجد أن إضافة مسحوق بذور القطن بمستويات عالية إلى أعلاف الأسماك قد أعطى نتائج مقاربة للأعلاف القياسية (مسحوق سمك) من حيث النمو لأسماك القراميط الأمريكية *Ictalurus punctatus* (Reigh, 1999) وأسماك البلطي الموزمبيقي *Oreochromis mossambicus* (Jackson *et al*., 1982).

يتسبب مسحوق بذور القطن الخام (٠,٠٢٩٪ جوسيبول حر) في حالة إستخدامه في الأعلاف بإنخفاض في النمو وتغيرات مرضية في أنسجة الأمعاء في أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* (Herman, 1970)، وموت لخلايا الكبد وزيادة في سماكة الشعيرات الدموية في الكلى وتراكم لحبيبات صبغيات السيروید ceroid في الكبد. كما ثبت أن ٠,١٪ من الجوسيبول قد تسبب في تحلل سريع وشديد للخلايا الدهنية الكبدية وتهتك واسع لخلايا الكبد.

يعرف أن مركبات الجوسيبول تتسبب في إحداث مشاكل مرضية للجهاز التناسلي في الثديات من خلال التأثير المباشر على الخلايا التناسلية أو على الغدة النخامية أو على إفراز الغدد الهرمونية (Randel *et al.*, 1992). كما ثبت أن مسحوق بذور القطن بنسبة ٨٪ من وزن العليقة قد تسبب في التغير في نشاط الخلايا المنوية وزيادة غير طبيعية في أعدادها و تغير في أنسجة الخصي (Salaro *et al.*, 2000). وفي دراسة مخبرية (*in vitro*)، إتضح أن ٢٠٠ ميكرومول من الجوسيبول قد تسببت في إيقاف حركة الحيامن في سمكة الفرخ الأصفر *Perca flavescens* (Ciereszko and Dabrowski, 2000).

تعتبر عملية إنتخاب أصناف جديدة من بذور القطن من الطرق الفعالة والشائعة في تقليل محتوى الجوسيبول في بذورالقطن، حيث تنتج أصنافا من البذور الخالية من الغدد التي تحتوى على النسبة الكبيرة من الجوسيبول الموجودة في البذور (Robinson *et al.*, 1984). كما أن عملية إستخلاص الدهن بالمذيبات أو عمليات الكبس للبذور من العمليات التي تقلل من محتوى الجوسيبول في بذور القطن (Francis *et al.*, 2001).

الفيتينات Phytates :

تتواجد الفيتينات بشكل واسع في بذور النباتات حيث تكون لها القدرة على ربط أيونات المعادن الثنائية والثلاثية مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والخارصين والنحاس والحديد فتكون هذه الأيونات غير متوفرة عند التغذي عليها (Duffus and Duffus, 1991). ويعرف عن الفيتينات أنها غير قابلة للتحطم أو التكسير بواسطة أنزيمات الحيوانات الغير مجترة، ولهذا فإن تواجدها في الأعلاف يقلل من توفر عنصر الفسفور حيويا لتلك الحيوانات (Liener, 1989). كما يعرف عن الفيتينات أنها

تكون مركبات معقدة عند ارتباطها بالبروتينات فتكون غير متوفرة أيضا للحيوانات (Richardson *et al.*, 1985).

وتتواجد الفيتينات في النباتات التي تستخدم كمصدر لأعلاف الأسماك مثل مسحوق فول الصويا ومسحوق بذور اللفت ومسحوق بذور السمسم حيث تحتوي على ما نسبته ١٠- ١٥ و ٥٠- ٧٥ و ٢٤ جم/كجم فايتين على التوالي. ويتأثر النمو سلبا في كثير من الأسماك المستزرعة الشائعة مثل أسماك المبروك *Cyprinus carpio* وأسماك البلطي *Oreochromis niloticus* وأسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* وأسماك السلمون *Salmo Salar* عند تناولها أعلافا تحتوي على الفيتينات. ولقد تم التأكد من الأثر السلبي للفيتين على الأسماك من خلال إضافة هذا المركب صناعيا إلى أعلافها. حيث تبين أن أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* قد إنخفض نموها عندما أضيف إلى أعلافها حمض الفيتين phytic acid بمقدار ٥ جم/كجم (Spinelli *et al.*, 1983). حيث وجد أن تكون المركب المعقد ما بين الفيتين والبروتين هو السبب الرئيس لانخفاض النمو كنتيجة لعدم هضم هذا المركب. ولقد تم تسجيل نفس النتيجة عندما أضيف حمض الفيتين بمقدار ٢٥,٨ جم/كجم إلى أعلاف أسماك السلمون من نوع الشينوك *Oncorhynchus tshawytscha* (Richardson *et al.*, 1985). حيث شوهد إنخفاضا في معامل التحول الغذائي وإنخفاضا في مستوى بقاء البروتين في أنسجة تلك الأسماك. ولقد أرجع السبب إلى ربط حمض الفيتين، المضاف بكميات كبيرة، بعنصر الخارصين وجعله غير متوفرا حيويا، حيث لوحظ، في نفس الدراسة، تحسنا في العوامل المذكورة عند إضافة كمية إضافية من عنصر الخارصين إلى الأعلاف. كما تم مشاهدة نموا غير طبيعيا في شكل خلايا كل من الكلى والقناة الهضمية والغدة الدرقية، كما تكونت إنتفاخات في خلايا الزوائد الأعورية pyloric caecae ولقد كانت جميع هذه

الشواهد استنتاجاً للأثر السلبي لحمض الفيتين. كما تم مشاهدة حدوث عتمة في عيون أسماك السلمون اليافعة عندما تغذت على أعلاف تحتوي على نسبة مرتفعة من الفيتين مع نسبة منخفضة من الخارصين مما يوضح تكون مركب معقد ما بين الفيتين والخارصين (Richardson *et al*., 1985).

في دراسة على أسماك المبروك *Cyprinus carpio*، تبين أن حمض الفيتين (٥ و ١٠ جم/كجم) قد أحدث إنخفاضا في نمو الأسماك و تضخما في خلايا الطبقة الطلائية للقناة الهضمية (Hossain and Jauncey, 1993). كما تم مشاهدة إنخفاضا في تركيز عنصر الخارصين في عظام أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* اليافعة عندما تناولت أعلافا تحتوي على بروتين من مسحوق بذور اللفت الغير معالج، حيث إحتوى هذا المسحوق على ٥٣- ٧٥ جم/كجم من حمض الفيتين (Teskeredzic *et al*., 1995).

لقد أتضح من دراسة سابقة، أن إضافة إنزيم الفيتيز phytase تعادل الأثر السلبي لحمض الفيتين، وأن توفر عنصر الفسفور حيويا في المصادر النباتية يرتفع من ٩,٧٪ و ٤٨,٤٪ إلى ٤٦,٢٪ و ٧٥,٦٪، على التوالي بإضافة إنزيم الفيتيز إلى هذه المصادر (Riche and Brown, 1996). كما إتضح من خلال الدراسات أن تحضين مسحوق الصويا مع إنزيم الفيتيز قد حسن من استخدامات البروتين ومعامل هضمه، كما حسن من مستويات تواجد العناصر المعدنية (الكالسيوم، المغنسيوم، الخارصين، والفسفور) في أنسجة أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* عندما أضيف هذا المسحوق إلى أعلافها (Storebakken *et al*., 1998; Vielma *et al*., 1998).

تتركز الفيتينات و بالأخص في الحبوب في منطقة السويداء الخارجية outer endosperm، لذلك فإن طحن هذه الحبوب يعمل على التقليل من محتواها من الفيتين بدرجة كبيرة. كما أن عملية التخمير fermentation تقلل من محتوى الفيتين في الحبوب كنتيجة لإفراز أنزيم الفيتيز من الخمائر yeasts أو من بكتيريا حمض اللكتيك (Duffus and Duffus, 1991). كما وجد أن المعالجة الحرارية (autoclaving) تقلل من الفيتين في مسحوق السمسم ومسحوق الكتان حتى ٧٤٪ و٧٢٪ على التوالي (Hossain and Jauncey, 1990).

الجلوكوسينوليتات Gulcosinolates :

الجلوكوسينوليتات عبارة عن مركبات تحمل عنصر الكبريت و تعرف بالجلوكوسيدات الكبريتية thioglucosides. والجلوكوسيدات، هي المركبات التي تعطي عند هدرجتها مركبين، الأول سكري والأخر مركب غير سكري. وتتواجد هذه المركبات في العائلة الصليبية (ذوات الفلقتين) Cruciferae وهي مسؤولة عن الطعم الحاذق في هذه النباتات مثل نبات الخردل واللفت والجرجير وغيرها من النباتات التي تنتمي إلى هذه الفصيلة. وتتواجد هذه المركبات متلازمة مع أنزيمات الثايوجلوكوسايديز thioglucosidase في النبات، إلا أنهما يكونان في أماكن مختلفة من الخلية. وفي حال إندماج هذه المركبات مع تلك الإنزيمات نتيجة لتحطم الخلية فإن الأثر السلبي لهذه المركبات يكون واضحاً (Duncan, 1991).

تعتبر الجلوكوسينوليتات من العوامل المثبطة الرئيسية في مسحوق بذور اللفت rapeseed (*Brassica spp.*) ورقائق بذور الخردل (Duncan, 1991) و يعتبر هذين النباتين مصدرين هامين من مصادر أعلاف الأسماك. ولقد حسن علماء الوراثة النباتية من نوعية كل من بذور *Brassica napus* وبذور *B. campestris* وذلك

بتخفيض مستوى الجلوكوسينوليتات فيها إلى أقل من ٣ مجم/جم حيث عرفت هذه البذور لاحقا بإسم الكانولا canola. ولقد وجد Higgs *et al.* (1982) أن مسحوق بذور اللفت (١٦٪) قد أثر على تركيب الغدة الدرقية في أصبعيات أسماك السلمون من نوع الشينوك *Oncorhynchus tshawytscha* بينما لم يؤثر مسحوق الكانولا أو يحدث أي أثر سلبي، إلا أن النمو كان متقاربا مع العينة الشاهدة في كلا الحالتين. ولقد إتصفت الغدد الدرقية المصابة بوجود إنقسامات خلوية غير سوية واضحة وظهور تضخم مسامي Follicular hypertrophy، مما تعتبر مؤشرات لنشاط غير طبيعي لهذه الغدد. كما أن الخلايا الطلائية بدت أطول في الأسماك المصابة من نظيرتها في الأسماك السليمة وإحتوت على مواد غروية، كما لوحظ أن هناك إنقسامات ميتوزية عديدة، وهي في مجملها أعراض واضحة لمحاولات الأسماك في المحافظة على مستوى هرمون الغدة الدرقية في الدم من خلال زيادة نشاط الغدة الدرقية. كما تم مشاهدة نفس الأثر على أسماك المبروك العادي *Cyprinus carpio* عندما تغذت على أعلاف تحتوي على ٣,٣ جم/كجم من الجلوكوسينوليت النقي (Hossain and Jauncey, 1989)، وكذلك على أسماك البلطي الموزمبيقي *Oreochromis mossambicus* عندما تغذت على أعلاف تحتوي على ٢,٥ جم/كجم جلوكوسينوليت (Davies *et al.*, 1990). أما أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* وأسماك التربوت *Psetta maxima* فقد وجد أن لها القدرة على تعويض إنخفاض وظائف الغدة الدرقية الناتج عن وجود الجلوكوسينوليت في العليقة من خلال النشاط العالي لأنزيم الديودينيز deiodinase والذي يحول الدرقين thyroxine (هرمون الغدة الدرقية) إلى مركب نشط يعرف بإسم triiodothyronine (Burel *et al.*, 1998, 2000a). ولقد كان من المستغرب أن أسماك التربوت *Psetta maxima* التي تغذت على نسب عالية من الجلوكوسينوليت (١١,٦ ميكرومول/جم) في أعلاف

من مسحوق بذور اللفت كان تركيز الدرقين وتركيز triiodothyronine بها في المستويات الطبيعية، علما أنه تم ملاحظة نشاط عالي لإنزيم deiodinase في بلازما الدم (Burel *et al.*, 2000b). وقد يعود هذا إلى عدم تحطم الجلوكوسينوليت إلى منتجات ثانوية سامة في مسحوق بذور اللف الغير معالج.

إن هضم نسب بسيطة من الجلوكوسينوليت (١,٤ ميكرومول/جم) يؤدي إلى إنخفاض في النمو، وإنخفاض في كفاءة العلف في أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss*، إلا أن هذا الأثر لم يتفاقم عندما إرتفعت نسبة الجلوكوسينوليت إلى ١١,٦ ميكرومول/جم، لكن تم ملاحظة إنخفاض شديد في النمو عندما وصل مستوى الجلوكوسينوليت في العلف إلى ١٩,٣ ميكرومول/جم علما بأن نشاط الغدة الدرقية قد تأثر بالمستويات المنخفضة (Burel *et al.*, 2000c).

تعتبر المعالجة الحرارية عن طريق الطبخ بالضغط البخاري فعالة في تخفيض مستوى الجلوكوسينوليت في المصادر العلفية من ٤٠ إلى ٢٦ ميكرومول/جم (Burel *et al.*, 2000a)، كما تعتبر عملية التنقيع في الماء إحدى الطرق المنخفضة التكاليف والفعالة في تخفيض مستوى الجلوكوسينوليت (Makkar and Becker, 1997).

الصابونينات Saponins :

من المعروف تاريخيا، أن مادة الصابونين تستخدم كمادة سامة للأسماك. و يتواجد الصابونين في كثير من المصادر العلفية النباتية، ويتراوح تركيزه ما بين ١٨- ٤١ مجم/كجم في مختلف بذور البقوليات و٦٧ مجم/كجم في مسحوق فول الصويا المحمص المنزوع الدهن (Fenwick *et al.*, 1991). ويعتبر الصابونين ساما للأسماك وقاتلا عند وضعه في الماء حيث يعمل على تلف الخلايا الطلائية في الخياشيم، حيث تم مشاهدة نفوق لأسماك البلطي خلال ٥- ٦ ساعات من تأثير

مادة الصابونين الموجودة في بذور الشاي *Camellia sinensis* بتركيز ١٠٠ جزء في المليون (De *et al.*, 1987).

يتواجد الصابونين في مسحوق بذور الترمس lupin بنسبة ١,١٪ و في نبات alfalfa بنسب تتراوح ما بين ٠,٠٣- ١,٥٪، و قد يعزى إلى هذه النسب إنخفاض نمو أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* (de la Higuera *et al.*, 1988) وأسماك البلطي *Oreochromis mossambicus* (Olvera-Novoa *et al.*, 1990) عندما تغذت على أعلاف تحتوي على هذه المصادر النباتية. إلا أن بعض الباحثين لم يلاحظوا أي أثر سلبي على نمو أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* عندما تمت تغذيتها على أعلاف تحتوي على مسحوق فول الصويا به نسب من مادة الصابونين تتقارب مع النسب السابقة، إلا أن نفس الباحثين، إضافة إلى ذلك، قد وجدوا أن مستخلص مسحوق فول الصويا الكحولي قد أثر على نمو هذه الأسماك سلبا و أحدث إلتهابات في الجهاز الهضمي للسمكة وانخفاضاً في إنتاج المادة المخاطية في الأمعاء (Krogdahl *et al.*, 1995).

وفي دراسة أخرى (Bureau *et al.*, 1998)، تم ملاحظة أن أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* أكثر تحملا من أسماك السلمون لتركيز مادة الصابونين المستخلص من مسحوق فول الصويا. حيث تبين أن أسماك السلمون من نوع *Oncorhynchus tshawytscha* قد تغير شكل خلايا جهازها الهضمي نتيجة لتغذيتها أعلافا تحتوي على مادة الصابونين، بينما لم يتبين هذا الأثر على خلايا الجهاز الهضمي لأسماك التروات، إلا أن هذين النوعين من الأسماك قد تأثرت أغشيتهما المخاطية تأثرا شديدا عندما إستهلكا أعلاف تحتوي على مادة الصابونين المستخلصة من أشجار الكويلاجا *Quillaja bark* بتركيز ١,٥ جم/كجم. كما

شوهد نفس الأثر على أسماك البلطي النيلي *Oreochromis niloticus* وأسماك القراميط الأفريقية *Clarias gariepinus* عندما تغذت على نفس المستخلص بتركيز ١٠ جم/كجم (Al-Owafeir, 1999).

إن الأثر السلبي للصابونين يعود إلى قدرة هذه المادة على إحداث توتر سطحي للأغشية الخلوية مما يتسبب في إحداث إلتهابات للخلايا. إلا أن هذه القدرة تختلف حسب المصدر الذي تم إستخلاص مادة الصابونين منه. فعلى سبيل المثال، وجد أن مادة الصابونين المستخلصة من فول الصويا أقل تأثيرا من مادة الصابونين المستخلصة من نبات *Gypsophylla*. وفيما يتعلق بقدرة هذه المادة على التأثير على معدل النفاذية من خلال الأغشية الخلوية، فبعض الصابونينات تعمل على زيادة معدل النفاذية في الخلايا المخاطية للأمعاء الدقيقة وبهذا فهي تعطل النقل الإيجابي للمغذيات (Johnson *et al.,* 1986). ومن خصائص الصابونينات، قدرتها على لعب دورا في تقليل معدلات النمو في الأسماك من خلال التأثير على معامل الهضم في البروتين (Shimoyamada *et al.*, 1998)، وقد يكون ذلك عن طريق إتحاد الصابونين مع إنزيم الكيموتربسين chymotrypsin ليتكون مركب كبير معقد يصعب تكسيره أو إمتصاصه (Potter *et al.*, 1993). كما أن تكون بعض المركبات المعقدة بين الصابونينات وبعض المثبطات الأخرى مثل التان tannin يعمل على تثبيط الأثر السلبي لكل منهما (Makkar *et al*., 1995b).

يعرف عن مركبات الصابونين أن لها القدرة العالية على الذوبان في الماء، عليه، فإن إستخلاص مادة الصابونين بالماء قد يزيل الجزء الأكبر من هذه المادة من المصادر العلفية الموجودة بها. و تعتبر هذه الطريقة فعالة و مأمونة بحيث أن بقية مكونات

المصادر العلفية الأخرى لن تتأثر سلبا بهذه الطريقة و لن تتأثر القيمة الغذائية لها أيضا (Price *et al*., 1987).

السيانوجينات Cyanogens :

السيانوجينات مركبات تتواجد بتركيزات عالية في عدد من الحبوب والنباتات الدرنية وبعض البذور الزيتية مثل بذور الكتان linseed. تعطي السيانوجينات عند هدرجتها مركبات سامة مثل سيانيد الهيدروجين hydrogen cyanide ومركبات أخرى مثل carbonyl compounds والتي تؤثر على عملية التنفس وتسبب توقف القلب (Davies, 1991)، علما بأنها تعتبر مواد غير سامة في حد ذاتها.

في دراسة أجريت على أسماك المبروك الشائع *Cyprinus carpio* وجد أن مستويات النمو في هذه الأسماك تتأثر سلبا عند تناولها أعلافا تحتوي على مصادر بها مركبات السيانوجينات مثل بذور الكتان ونبات الكسافا cassava (Hossain and Jauncey, 1989)، إلا أن هذه المركبات لم تحدث ذلك الأثر في أسماك البلطي النيلي *Oreochromis niloticus* عندما تناولت أعلافا تحتوي على مسحوق أوراق الكسافا (٩,٩ جزء في المليون سيانيد) أو مسحوق الكسافا نفسه (٧١,١ جزء في المليون سيانيد) المجففان بأشعة الشمس (Ng and Wee, 1989).

على الرغم من أن السيانوجينات مركبات مقاومة للحرارة، إلا أنه يمكن التخلص منها أو تقليل نسبة تركيزها في المصادر النباتية عن طريق نقع المصدر النباتي في الماء لمدة ٢٤ ساعة (Borlongan, and Coloso 1994).

المركبات الشبه قلوية Alkaloids :

تعتبر المركبات الشبه قلوية مركبات أيضية ثانوية metabolites تتواجد بكثرة في النباتات. و تعتبر البقوليات التي تحتوي على هذه المركبات مكونات مثالية لأعلاف الأسماك وذلك لإحتوائها على نسب عالية من البروتينات القابلة للهضم (٣٠- ٥٠٪) ومنها على سبيل المثال، بذور الترمس *Lupinus albinus*. إن تواجد المركبات الشبه قلوية في المصادر العلفية يخفض من استهلاك الأسماك لهذه المصادر وذلك راجع إلى تأثير هذه المركبات على الأعضاء الحسية organoleptic (de la Higuera *et al.*, 1988). وبناء على ذلك فإن كفاءة الأعلاف تنخفض عندما تتناولها أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* نتيجة لاحتواء هذه الأعلاف على مسحوق بذور الترمس Bangoula *et al.* (1993). إلا أنه تبين في دراسة أخرى أن أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* وأسماك التربوت *Psetta maxima* قد تتحمل النسب العالية من مسحوق بذور الترمس المضافة إلى الأعلاف، وقد يعود السبب في هذا الاختلاف إلى الطريقة التي تمت بها عملية تصنيع الأعلاف في كلا الدراستين، حيث وجد أن الأعلاف في الدراسة الأخيرة قد تم تصنيعها بطريقة الإنبثاق وأن نسبة المركبات الشبه قلوية فيها كانت < ٢٠ مجم/كجم (Burel *et al.*, 1998;2000a). ويتضح من هذا، أن الطريقة التي تؤثر بها المركبات الشبه قلوية على الأسماك أو معرفة مسار المركبات الأيضية لهذه المركبات داخل جسم الأسماك غير مفهومة بشكل واضح حتى الآن وذلك راجع إلى قلة الدراسات في هذا المجال، إلا أنه يمكن القول بأن الأسماك لديها القدرة على استهلاك مصادر علفية بها مستويات معتدلة من المركبات الشبه قلوية.

تعتبر طريقة الاستخلاص المائي aqueous extraction من الطرق الفعالة في نزع أو تقليل نسبة المركبات الشبه قلوية في المصادر العلفية. كما تتأثر نسبة المركبات

الشبه قلوية في الأعلاف بارتفاع درجة الحرارة المصاحبة لعملية الإنبثاق. حيث لوحظ أن مسحوق بذور الترمس تعطى نتائج أفضل على أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* عند تصنيعه عند درجة حرارة ١٤٥ درجة مئوية مقارنة بدرجة الحرارة ١٢٠ درجة مئوية (Bangoula *et al.*, 1993). وتعتبر طرق الانتخاب الوراثي أيضا من الوسائل الناجعة لتخفيض نسبة المركبات الشبه قلوية في المصادر العلفية، حيث تم انتخاب أصناف جديدة من بذور الترمس انخفضت فيها نسبة المركبات الشبه قلوية.

المركبات القليلة التسكر والمركبات العديدة التسكر الغير نشوية

Oligosaccharides and Non Starch Polysaccharides :

تعتبر المركبات القليلة التسكر والمركبات العديدة التسكر الغير نشوية مكونات مهمة في كثير من البقوليات والحبوب (Saini, 1989). ويعود تأثير هذه المركبات على الأسماك إلى ربط هذه المركبات لأحماض العصارة الصفراوية أو إعاقة النشاط الإنزيمي في الجهاز الهضمي (Storebakken *et al.*, 1998). حيث لوحظ إنخفاض في الإستفادة من المغذيات نتيجة لإستهلاك كربوهيدرات فول الصويا في أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* (Arnesen *et al.*, 1989)، إلا أنه لوحظ أيضا عند إستخدام نفس المصدر، تأثيرا خفيفا للمركبات القليلة التسكر على قدرة أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* للإستفادة من البروتين. علما بأن المركبات القليلة التسكر الرئيسية في مسحوق فول الصويا الغير منزوع الدهن هي السكروز (٦- ٧٪) و الرافينوز (١- ٢٪) والستاشيوز (٥- ٦٪) وهي تكون بمجموعها ١٢- ١٥٪ من محتوى الكربوهيدرات القابلة للإمتصاص.

إن إضافة المركبات قليلة التسكر المستخلصة من فول الصويا إلى أعلاف تحتوي على مسحوق السمك لم تحدث تغيرا في الشكل الخارجي لخلايا الأمعاء (van der Ingh *et al.*, 1991) أو أي تأثيرات أخرى مرتبطة بالنمو أو بمعامل الهضم

في أسماك السلمون الأطلسي *Salmo salar* (Krogdahl et al., 1995)، يضاف إلى ذلك أن أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* قد إستفادت بكفاءة من الأعلاف التي احتوت على مسحوق دوار الشمس (Tacon et *al*., 1984; Sanz *et al.*, 1994) ومسحوق فول الصويا (Rumsey *et al.*, 1993; Sanz *et al*., 1994; Kaushik *et al*., 1995). كما أن المصادر العلفية التي تحتوي على مستويات عالية من الكربوهيدرات قد تمت الإستفادة منها من قبل أسماك البلطي *Sarotherodon mossabicus* (Jackson *et al.*, 1982) وأسماك المبروك *Cyprinus carpio* (Ufodike and Matty, 1983).

يعود انخفاض استهلاك الأعلاف في هجين أسماك القاروص المخططة (Gallagher, 1994) وفي أسماك التراوت القزحية *Oncorhynchus mykiss* (de la Higuer *et al*., 1988) وانخفاض معامل الهضم في أسماك التراوت *Oncorhynchus mykiss* (Sanz *et al*., 1994) إلى وجود مستويات عالية من المركبات العديدة التسكر الغير نشوية في أعلاف هذه الأسماك، والتي تتضمن مسحوق فول الصويا ومسحوق الترمس ومسحوق دوار الشمس، على التوالي. وتشمل هذه المركبات البكتينات pectins والجلكتينات galactans والسليلوز cellulose واللجنين lignin. كما أن إرتفاع محتوى الرطوبة في براز أسماك السلمون *Salmo salar* يعود إلى النشاط الإسموزي للمركبات العديدة التسكر الغير نشوية الموجودة في مسحوق فول الصويا (Olli and Krogdahl, 1994; Olli *et al*., 1994b and Refstie *et al*., 1997). كما أن المركبات العديدة التسكر الغير نشوية مثل أرابينن arabinan وأرابينوجلاكتن arabinogalactan والأحماض العديدة التسكر acid polysaccarides والتي تكون ١٤- ١٨٪ من محتوى الكربوهيدرات الكلية في مسحوق فول الصويا الغير منزوع الدهن قد تكون مسؤولة عن ربط المعادن في الأمعاء وإنخفاض معامل هضم الدهون (Storebakken *et al.*, 1998).

يمكن التخلص أو تقليل مستويات المركبات القليلة التسكر أو المركبات العديدة التسكر الغير نشوية عن طريق الطبخ بالبخار، حيث إتضح أن معامل الهضم لكل من الذرة الصفراء والبطاطس في كثير من الأسماك قد تحسن كثيرا. كما أن المعالجة الحرارية لمسحوق الترمس قد حسنت من معامل الهضم للجلاكتينات والمتواجدة بنسبة كبيرة في بذور الترمس (de la Higuera *et al*., 1988). كما تعتبر عملية الإنبثاق extrusion مع الحرارة العالية، أثناء عملية تصنيع الأعلاف، من الطرق التي تعمل على تخفيض مستويات المركبات القليلة التسكر والمركبات العديدة التسكر الغير نشوية، حيث حسنت من هضم الكربوهيدرات في بذور البقوليات (Bangoula *et al*., 1993; Burel *et al*., 2000a)، وذلك بسبب التحطم الشديد لجدران الخلايا والتفكك الجزئي لمركبات ألفا- جالاكتوسيدات -α galactosides.

المراجع :

1. Al-Owafeir, M. (1999). The effects of dietary saponin and tannin on growth performance and digestion in *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*, Ph.D. Thesis, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland.

2. Aregheore, E., H. Makkar and K. Becker. (1998). Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* using latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. J. Sci. Food Agric., 77:349–352.

3. Arnesen, P., L. Brattas, J. Olli and A. Krogdahl. (1989). Soybean carbohydrates appear to restrict utilisation of nutrients by Atlantic salmon *Salmo Salar* L. Proc. Third Int. Symp. Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Japan, pp. 273–281.

4. Bangoula, D., J. Parent and F. Vellas. (1993). Nutritive value of white lupin *Lupinus albus var Lutop* fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Effects of extrusion cooking. Reprod. Nutr. Dev., 33:325–334.

5. Becker, K. and H. Makkar. (1999). Effects of dietary tannic acid and quebracho tannin on growth performance and metabolic rates of common carp *Cyprinus carpio* L. Aquaculture, 175:327-335.

6. Berardi, L. and L. Goldblatt. (1980). Gossypol. In: Huisman, J., Van der Poel, A.F.B., Liener, I.E. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Pudoc, Wageningen, pp. 184–237.

7. Borlongan, I. and R. Coloso. (1994). Leaf meals as protein sources in diets for milkfish *Chanos chanos* (Forsskal). In De Silva, S. S. Fish Nutrition Research in Asia. Proceedings of the Fifth Asian Fish Nutrition Workshop. Asian Fish. Soc. Spec. Publ., 9. Manila, Philippines, Asian Fisheries Society, 63-68.

8. Bureau, D., A. Harris and C. Cho. (1998). The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 161:27-43.

9. Burel, C., T. Boujard, F. Tulli, and S. Kaushik. (2000a). Digestibility of extruded peas, extruded lupin and rapeseed meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and turbot *Psetta maxima*. Aquaculture, 188:285-298.

10. Burel, C., T. Boujard, G. Corraze, S. Kaushik, G. Boeuf, K. Mol, S. Geyten and E. Kuhn. (1998). Incorporation of high levels of extruded lupin in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: nutritional value and effects on thyroid status. Aquaculture, 163:325-345.

11. Burel, C., T. Boujard, S. Kaushik, G. Boeuf, S. Geyten , K. Mol, E. Kuhn, A. Quinsac, M. Krouti and D. Ribaillier. (2000b). Potential of plant-protein sources as fishmeal substitutes in diets of turbot *Psetta maxima*: growth, nutrient utilisation and thyroid status. Aquaculture, 188:363-382.

12. Burel, C., T. Boujard, A. Escaffre, S. Kaushik, G. Boeuf, K. Mol, S. Geyten and E. Kuhn. (2000c). Dietary low glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilisation in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Brit. J. Nutr., 83:653-664.

13. Ciereszko, A. and K. Dabrowski. (2000). In vitro effect of gossypol acetate on yellow perch *Perca flavescens* spermatozoa. Aquat. Toxicol., 49:181–187.

14. Dabrowski, K., P. Poczyczynski, G. Kock and R. Berger. (1989). Effect of partially or totally replacing fishmeal protein by soybean meal protein on growth, food utilisation and proteolytic enzyme activities in rainbow trout *Salmo gairdneri* . New in vivo test for endocrine pancreatic secretion. Aquaculture, 77:29–49.

15. Davies, R. (1991). Cyanogens. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 202–225.

16. Davies, S., S. McConnel and R. Bateson. (1990). Potential of rapessed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia *Oreochromis mossambicus* Peters. Aquaculture, 87:145-154.

17. de la Higuera, M., M. Garcia-Gallego, G. Cardenete, M. Suarez and F. Moyano. (1988). Evaluation of Lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout *Salmo gairdneri*. Aquaculture, 71:37-50.

18. De, D., D. Nath and P. Sen. (1987). Preliminary studies on tea seed-cake as a fish toxicant. Indian J. Anim. Sci., 57:781-783.

19. Duffus, C. and J. Duffus. (1991). Introduction and Overview. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 1–21.

20. Duncan, A. (1991). Glucosinolates. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 126-147.

21. Fenwick, G., K. Price, C. Tsukamoto and K. Okubo. (1991). Saponins. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 285-327.

22. Fish, B. and L. Thompson. (1991). Lectin-tannin interactions and their influence on pancreatic amylase activity and starch digestibility. J. Agric. Food Chem., 39:727-731.

23. Francis, G.; H. Makkar and K. Becker. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199:197-227.

24. Gallagher, M. (1994). The use of soybean meal as a replacement of fishmeal in diets for hybrid striped bass *Morone saxatilis* × *M. chrysops* . Aquaculture, 126:119–127.

25. Goldstein, W. and K. Spencer. (1985). Inhibition of cyanogenesis by tannins. J. Chem. Ecol., 11:847-857.

26. Grabner, M. and R. Hofer. (1985). The digestibility of the proteins of broad bean *Vicia faba* and soybean *Glycine max* under in vitro conditions stimulating the alimentary tracts of rainbow trout *Salmo gairdneri* and carp *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 48:111-122.

27. Grant, G. (1991). Lectins. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 49–67.

28. Griffiths,D. (1991). Condensed tannins. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 180-201.

29. Hendricks, H., T. Van der Ingh, A. Krogdahl, J. Olli and J. Koninkx. (1990). Binding of soybean agglutinin to small intestinal brush border membranes and brush border membrane enzyme activities in Atlantic salmon *Salmo salar* . Aquaculture, 91:163–170.

30. Herman, L. (1970). Effects of gossypol on rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol., 2:293–303.

31. Higgs, D., J. McBrde, J. Markert, B. Dosanjh, D. Plotnikoff and C. Clarke. (1982). Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture, 29:1-31.

32. Hossain, M. and K. Jauncey. (1989). Nutritional evaluation of some Bangladeshi oilseed meals as partial substitutes for fismeal in the diet of common carp, *Cyprinus carpio* L. Aquacult. Fish. Manage., 20:255-268.

33. Hossain, M. and K. Jauncey. (1990). Detoxification of linseed and sesame meal and evaluation of their nutritive vaolue in the diet of carp *Cyprinus carpio* L. Asian Fish. Sci., 3:169–183.

34. Hossain, M. and K. Jauncey. (1993). The effect of varying dietary phytic acid, calcium and magnesium levels on the nutrition of common carp, *Cyprinus carpio*. In: Kaushik, S.J., Luquent, P. Fish Nutrition in Practice. Proceedings of International Conference, Biarritz, France, 705–715.

35. Huisman, J.; Poel, T. and Liener, I. (1989). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Pudoc, Wageningen. 389p.

36. Jackson, A., B. Capper and A. Matty. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossabicus*. Aquaculture, 27:97-109.

37. Johnson, I., J. Gee, K. Price, C. Curl and G. Fenwick. (1986). Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro. J. Nutr., 116:2270-2277.

38. Kaushik, S., J. Cravedi, J. Lalles, J. Sumpter, B. Fauconneau and M.Laroche. (1995). Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 133:257–274.

39. Krogdahl, A., A. Roem and G. Baeverfjord. (1995). Effects of soybean saponin, raffinose and soybean alcohol extract on nutrient digestibilities, growth and intestinal morphology in Atlantic salmon. In: Svennevig, N., Krogdahl, A. Quality in aquaculture. Proc. Intl. Conf. Aquaculture '95 and the satellite meeting Nutrition and Feeding of Cold Water Species, Trondheim, Norway, Eur. Aquacult. Soc. Spec. Publ. No. 23, Gent, Belgium, 118-119.

40. Krogdahl, A., T. Lea and J. Olli. (1994). Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Comp. Biochem. Physiol., 107A:215–219.

41. Krogdahl, A. (1989). Alternative protein sources from plants contain antinutrients affecting digestion in salmonids. Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish, 253-261.

42. Liener, I. (1980). Miscellaneous toxic factors. In: Liener, I. Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press Inc., 429-467p.

43. Liener, I. (1989). Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In: Huisman, J., Van der Poel, A., Liener, E. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Pudoc, Wageningen, 6-14.

44. Makkar, H. and K. Becker. (1996). Effect of pH, temperature and time on inactivation of tannins and possible implications in detannification studies. J. Agric. Food Chem., 44:1291-1295.

45. Makkar, H. and K. Becker. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. J. Agric. Sci., Cambridge, 128: 311–322.

46. Makkar, H. and K. Becker. (1999). Nutritional studies on rats and fish carp, *Cyprinus carpio* fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. Plant Foods Hum. Nutr., 53:183–192.

47. Makkar, H., M. Blummel and K. Becker. (1995a). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidone and polyethylene glycol with tannins and their implications in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. Br. J. Nutr., 73:897-913.

48. Makkar, H., M. Blummel and K. Becker. (1995b). *In vitro* effects of of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. J. Sci. Food Agric., 69:481-493.

49. Mukhopadhyay, N. and A. Ray. (1999a). Utilisation of copra meal in the formulation of compound diets for rohu, *Labeo rohita*, fingerlings. J. Appl. Ichthyol., 15:127-131.

50. Mukhopadhyay, N. and A. Ray. (1999b). Effect of fermentation on the nutritive value of sesame seed meal in the diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. Aquacult. Nutr., 5:229-236.

51. Ng, W. and K. Wee. (1989). The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture, 83:45–58.

52. Norton, G., (1991). Proteinase inhibitors. In: D'Mello, F.P.J., Duffus, C.M., Duffus, J.H. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, 68–106.

53. NRC (National Research Council). (1993). Nutrient requirements of fish. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture. National Research Council, National Academy Press. Washington DC., USA, 114p.

54. Ofojekwu, P. and C. Ejike. (1984). Growth response and feed utilisation in the tropical cichlid *Oreochromis* Linn. fed on cottonseed-based artificial diets. Aquaculture, 42:27–36.

55. Olli, J, and A. Krogdahl. (1994). Nutritive value of four soybean products in diets for rainbow trout *Onchorynchus mykiss* Walbaum reared in freshwater. Acta Agric. Scand. Sect. A: Anim. Sci., 44:185–192.

56. Olli, J., K. Hjelmeland and A. Krogdahl. (1994a). Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon *Salmo salar* L.: effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content. Comp. Biochem. Physiol., 109A:923–928.

57. Olli, J., A. Krogdahl, T. van der Ingh and L. Brattas. (1994b). Nutritive value of four soybean products in diets for Atlantic salmon *Salmo salar* L. . Acta Agric. Scand. Sect. A: Anim. Sci., 44:50–60.

58. Olvera-Novoa, M., S. Campos, M Sabido and C. Palacios. (1990). The use of alfalfa protein concentrates as a protein source in diets for tilapia *Oreochromis mossambicus*. Aquaculture, 90:291-302.

59. Potter, S., R. Jimenez-Flores, J. Pollack, T. Lone and M. Berber-jimenez. (1993). Protein saponin interaction and its influence on blood lipids. J. Agric. Food Chem., 41:1287-1291.

60. Price, K.; I. Johnson, and G. Fenwick. (1987). The chemistry and biological significance of saponins in foods and feedingstuffs. CRC Criti. Rev. Food Sci. Nutr., 26: 27-135.

61. Randel, R., C. Chase and S. Wyse. (1992). Effects of Gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. J. Anim. Sci., 70:1628–1638.

62. Refstie, S., S. Helland and T.Storebakken. (1997). Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 153:263–272.

63. Reigh, R. (1999). Production characteristics of pond-raised channel catfish *Ictalurus punctatus* fed diets with and without animal protein for three growing seasons. J. World Aquacult. Soc., 30:154–160.

64. Richardson, N., D. Higgs, R. Beames and J. McBride. (1985). Influence of dietary calcium, phosphorous, zinc and sodium phytate level on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* . J. Nutr., 115:553–567.

65. Riche, M. and P. Brown. (1996). Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 142:269–282.

66. Robaina, L., M. Izquierdo, F. Moyano, J. Socorro, J. Vergara, D. Montero and H. Fernandez-Palacios. (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* :nutritional and histological implications. Aquaculture, 130:219–233.

67. Robinson, E., S. Rawles, P. Oldenburg and R. Stickney. (1984). Effects of feeding glandless or glanded cottonseed products and gossypol to *Tilapia aurea*. Aquaculture, 38:145–154.

68. Roehm, J., D. Lee and R. Sinnhuber. (1967). Accumulation and elimination of dietary gossypol in the organs of rainbow trout. J. Nutr., 92:425–428.

69. Rumsey, G., S. Hughes and R. Winfree. (1993). Chemical and nutritional evaluation of soy protein preparations as primary nitrogen sources of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Anim. Feed Sci. Technol., 40:135–151.

70. Saini, H. (1989). Legume seed oligosaccharides. In: Huisman, J., Van der Poel, A.F.B., Liener, I.E. Eds. , Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Pudoc, Wageningen, pp. 329–341.

71. Salaro, A., M. Toledo, J. Guimaraes, K. Luz, E. Souto, N. Miranda and J. Ribeito. (2000). Effect of cottonseed meal on the reproductive physiology of male of Nile tilapia. In: Fitzsimmons, K., Filho, J.C. Tilapia Aquaculture in the 21st Century. Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture, Rio de Janero-RJ, Brazil, pp. 24–29.

72. Sandholm, M., R. Smith, J. Shih and M. Scott. (1976). Determination of antitrypsin activity on agar plates: relationship between antitrypsin and biological value of soybean for trout. J. Nutr., 106:761–766.

73. Sanz, A., A. Morales, M. de la Higuera and G. Cardenete. (1994). Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fishmeal in rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* diets: protein and energy utilisation. Aquaculture, 128:287–300.

74. Shimoyamada, M., S. Ikedo, R. Ootsubo and K. Watanabe. (1998). Effects of soybean saponins on chymotryptic hydrolyses of soybean proteins. J. Agric. Food Chem., 46:4793-4797.

75. Spinelli, J., C. Houle and J. Wekell. (1983). The effect of phytates on the growth of rainbow trout *Salmo gairdneri* fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. Aquaculture, 30:71–83.

76. Storebakken T., K. Shearer and A. Roem. (1998). Availability of protein, phosphorus and other elements in fishmeal, soy protein concentrate and phytase-treated soy protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture, 161:365–379.

77. Synder, H. and T. Kwon. (1987). Soybean Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.

78. Tacon, A., J. Webster and C.Martinez. (1984). Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. Aquaculture, 43:381–389.

79. Teskeredzic, Z., D. Higgs, B. Dosanjh, J. McBride, R. Hardy, R. Beames, J. Jones, M. Simell, T. Vaara and R. Bridges. (1995). Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 131:261–277.

80. Ufodike, E. and A. Matty. (1983). Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp *Cyprinus carpio* fed different levels of cassava and rice. Aquaculture, 31:41–50.

81. van der Ingh, T., A. Krogdahl, J. Olli, H. Hendriks andJ. Koninkx. (1991). Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon *Salmo salar*: a morphological study. Aquaculture 94, 297–305.

82. Vielma, J., S. Lall, J. Koskela, F. Schoner and P. Mattila. (1998). Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 163:309–323.

83. Wee, K. and S. Shu. (1989). The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture, 81:303–314.

84. Wilson, R. and W. Poe. (1985). Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture, 46:19–25.

Antinutritional Factors in Feed Sources of Plant Origin and Their Effects on Fish: A Review

Mohammad A. Al-Owafeir

Animal and Fish Production Dept., College of Agric. And Food Sci.,
King Faisal University, Al-Hasa, Saudi Arabia

Abstract:

The usage of plant sources such as oilseeds, legume seeds, cereals and root tuber meals as fish feed ingredients are limited by the presence of many antinutritional factors. Among the most important of them are protease inhibitors, lectins, tannins, gossypols, phytates, gulcosinolates, saponins, cyanogens, alkaloids and oligosaccharides in addition to non starch polysaccharides. The nature of these factors and their influence on fish are reviewed through maximum and minimum levels of each factor. All studies carried out in this regards were divided into two groups. In the first group the use of pure antinutritional factors which have been extracted from different plants and added to fish feed were considered; whereas the second group deals with plant sources that are known to contain such factors in fish feed. Regardless of the way that these factors have been delt with, different negative consequences such as poor palatability, reduced feed efficiency, low feed digestibility and poor growth have been observed. The effectiveness of treatments to reduce the deleterious effect of these factors in plant sources such as feed processing, heat treatment either wet or dry, aqueous extraction and enzyme treatment have been reviewed for each case.