Agriculture College – Wasit University

Dijlah Journal of Agricultural Sciences

ISSN 2790 – 5985
e ISSN 2790 – 5993

Dijlah J. Agric. Sci., Special Issue:301-309, 2024

Effect of using different levels of carbohydrates on some biochemical and histological changes in the liver of common carp (*Cyprinus carpio)*

Sabah Salah Mohamed Al Darraj and Saeed Abdel-Sada Kaitan Al-Shawi
College of Agriculture - Bagdad University – Iraq.

*Corresponding author e-mail: sabajoooo@gmail.com

Abstract:

This study was conducted at Animal Production Department/ College of Agricultural Engineering Sciences / University of Baghdad/ Al-Jadiriyia. From September to November 2018. Twelve glass aquaria with dimensions of 40 cm × 30cm × 30 cm were occupied by 60 common carp fish (18± 1 gm mean weight) randomly distributed into six treatments with replicates (5 individuals / replicate) . Fish fed 3 % of body weight with six laboratorial made diets (1.5mm diameter) supplemented with different percentages of broken rice (0 , 15 , 30 , 45 ,60 and 75 %) with a crude protein ranged 21.15 % - 25.40 % and 47.28 % - 61.09 % carbohydrates. The results of biochemical blood serum tests showed that the T6 treatment was superior in glucose concentration, 162.50 mg/100 ml, while the T1 treatment recorded the highest insulin concentration, amounting to 13.80 mg/IU. Meanwhile, the results of the histological examinations of the fish liver showed the occurrence of bleeding, expansion of the liver sinusoids, and watery degeneration. In transactions T4, T5 and T6.

تأثير استعمال مستويات مختلفة من الكربوهيدرات على بعض التغيرات الكيموحيوية والنسيجية لكبد اسماك الكارب الشائع *Cyprinus carpio*

صباح صلاح محمد الدراجي و سعيد عبد السادة كيطان الشاوي

كلية الزراعة – جامعة بغداد / العراق

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة في قسم الإنتاج الحيواني / كلية علوم الهندسة الزراعية / جامعة بغداد / الجادرية. للمدة من 2018/9/1 ولغاية 2018/11/30 ، تم استخدام 12 حوضًا زجاجيًا بأبعاد 40 سم × 30 سم × 30 سم لـ 60 سمكة من أسماك الكارب الشائع (متوسط وزن 18 ± 1 جم) تم توزيعها عشوائيًا على ستة معاملات مع مكررات (5 أفراد / مكرر). تمت تغذية الأسماك بنسبة 3% من وزن الجسم بستة علائق مصنعة مخبرياً (قطر 1.5 ملم) مدعمة بنسب مختلفة من كسر الأرز (0، 15، 30، 45، 60، 75%) مع بروتين خام يتراوح بين 21.15% - 25.40% و47.28%. % - 61.09 % كربوهيدرات. أظهرت نتائج فحوصات مصل الدم الكيموحيوية تفوق المعاملة T6 في تركيز مستوى الكلوكوز 162.50 ملغم/ 100 مل بينما سجلت المعاملة T1 أعلى تركيز للأنسولين بلغ 13.80 ملغم/ وحدة دولية, في حين بينت نتائج الفحوصات النسيجية لكبد الأسماك حدوث نزف وتوسع في جيبانيات الكبد وتنكس مائي في المعاملات T4 وT5 وT6.

المقدمة

يُعد الغذاء المقدم للأسماك من العوامل الحيوية والمهمة للحصول على معدل نمو مثالي ووزن وصحة جيدين, والاستعمال الأمثل للطاقة في الفعاليات الحيوية (Anderson وSilva, 2003). وبما ان البروتين هو اغلى المواد الداخلة في تكوين علائق تغذية الأسماك فان مربي الأسماك يفضلون ان يكون استخدام البروتين من قبل الأسماك لنمو وبناء الانسجة بدلا من انتاج الطاقة وبشكل عام تعتبر الكربوهيدرات القابلة للهضم مصدر طاقة ارخص من البروتين والدهون ومع ذلك هنالك دلائل تشير الى ان المستويات العالية من الكربوهيدرات قد تحد من أداء نمو اسماك البلطيي النيلي (Oreochromis niloticus) (schrama واخرون ، 2012). فإن تضمين الكربوهيدرات في النظام الغذائي له تأثير يحافظ على البروتين، ويقلل من إفراز نيتروجين الأمونيا، ويقلل من تلوث المياه، وكل ذلك يساهم في النمو المستدام لصناعة الأعلاف. مع ذلك فإن الأسماك لديها قدرة محدودة على استخدام الكربوهيدرات الغذائية. عادة يظهر ارتفاع السكر في الدم بعد تحميل الجلوكوز أو تناول الكربوهيدرات (Kamalam واخرون ، 2017).اشار Tian واخرون(2012) الأسماك العاشبة واكلة اللحوم لديها القدرة على هضم نسب عالية من الكربوهيدرات قد تصل الى اكثر من 30 % . ان تزايد نسب الكربوهيدرات في علائق الأسماك اكثر من المطلوب يؤدي الى حاله مرضية (Kumar واخرون ، 2005). أن إطعام الأسماك كميات كبيرة من الكربوهيدرات الغذائية يؤدي إلى ارتفاع السكر في الدم لفترة طويلة بعد الأكل، وبالتالي يمكن أن يؤثر سلبًا على أداء النمو وكفاءة استخدام المغذيات والوظيفة الفسيولوجية (Deng واخرون ، 2018). الهدف من الدراسة معرفة تاثير استعمال مستويات مختلفة من كسر الأرز كمصدر كربوهيدرات على بعض التغيرات الكيموحيوية وكبد اسماك الكارب الشائع (*Cyprinus Carpio*).

المواد وطرائق العمل

اجريت الدراسة مختبريا في مختبر اسماك كلية علوم الهندسة الزراعية / جامعة بغداد . استعملت في الدراسة 60 سمكة كارب شائع لغرض الدراسة وزعت الاسماك على 12 حوض زجاجي بأبعاد (40× 30 × 30) سم بواقع مكررين لكل معاملة وضعت في كل حوض 5 اسماك . استعملت ستة مستويات من كسر الرز المطحون (0 , 15 , 30 , 45 , 60 , 75) % من مكونات علائق التغذية كمصدر كربوهيدرات , استمرت فترة التجربة لمدة 90يوم. جمعت عينات الدم بالسحب عن طريق القلب وذلك باستعمال محقنة سعة 3 مل من الجهة البطنية وإدخال الإبرة بسرعة بين الزعنفتين الصدريتين. تم اجراء الفحوصات الكيموحيوية والنسيجية في نهاية التجربة.

جدول (1) التحليل الكيمياوي للمواد الداخلة في تكوين علائق التجربة

المادة العلفية	المكونات الكيميائية				
	البروتين الخام (%)	مستخلص الايثر (%)	الرماد (%)	الالياف (%)	كربوهيدرات ذائبة (%)
*مسحوق سمك اردني	62	14	9	1.20	13.80
**كسبة فول صويا	43.20	2.72	7.61	6.90	36.87
**نخالة حنطة	15.72	4.47	5.52	11.82	62.47
ذرة محلية	10.12	4.87	2.61	2.25	80.15
**كسر رز	7.66	2.31	1.85	1.72	86.46
**طحين حنطة	14.03	1.79	2.14	2.48	79.56

*البطاقة المثبتة من قبل الشركة المصنعة على المنتوج

**حسب ما ورد في N.R.C (2011).

جدول(2) مكونات العلائق التجريبية حسابياً بنسب مختلفة من كسر الرز مغذاة لأسماك الكارب الشائع

*Coli- Vita Ar أردني المنشأ يحتوي مجموعة فيتامين A , D3 , E , K3 , B1 , B2 , B6 , B12 , Niacin , Folic

ت	مكونات العلفية للعلائق	العلائق					
		عليقة السيطرة 0% كسر رز T1	عليقة 15% كسر رز T2	عليقة 30% كسر رز T3	عليقة 45% كسر رز T4	عليقة 60% كسر رز T5	عليقة 75% كسر رز T6
1	بروتين سمك اردني	15	15	15	17	21	24
2	كسبة فول صويا	20	21	22	21	15	-----
3	نخالة حنطة	15	15	15	8	1	-----
4	ذرة صفراء محلية	44	28	12	3	1	------
5	كسر رز	0	15	30	45	60	75
6	طحين حنطة	1	1	1	1	1	-----
7	زيت سمك	2	2	2	2	0.5	0.5
8	*فيتامينات ومعادن	2	2	2	2	0.5	0.5
9	ملح	1	1	1	1	-----	-----
		%100	%100	%100	%100	%100	%100

Copper , Ferrous Sulphate , Zinc Sulphate , Manganese Sulphate , Calcium-D-pantothenate , Acid L-Lysine , DL-methionine , Potassium lodide , Cobalt Sulphate , Sulphate

فحوص الدم الكيموحيوية

وضعت عينات الدم الموضوعة في الأنابيب الحاوية على جل تيوب في جهاز الطرد المركزي وبسرعة 3000 د/د ولمدة 15 دقيقة, وضع المصل الناتج من عملية الطرد المركزي في انابيب معقمة خاصة بالتحليلات البيوكيميائية وشملت تحليلات سكر الدم والأنسولين. وأجريت الاختبارات باستعمال جهاز Reflotron Plus ألماني المنشأ.

تحضير المقاطع النسيجية للكبد

أخذت عينات من كبد الأسماك وحضرت المقاطع النسيجية وفق الطريقة التي ذكرها الحاج (2010).

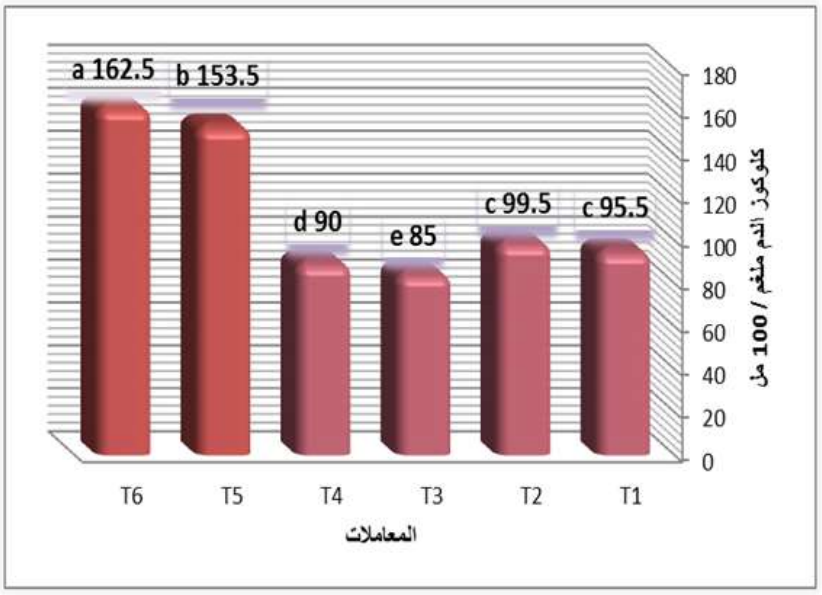
التحليل الإحصائي

استخدم تصميم تام التعشية Complete Randomized Design (CRD) في تحليل تأثير المعاملات التجريبية في الصفات المدروسة واستخدم البرنامج الإحصائي الجاهز Statistical Analysis System (SAS, 2012) لتحليل النتائج واختبرت الفروق المعنوية بين متوسطات الصفات المدروسة باستخدام اختبار دنكن متعدد الحدود Duncan´s Multiple Range Test عند مستوى معنوية (0.05).

النتائج

سكر الدم

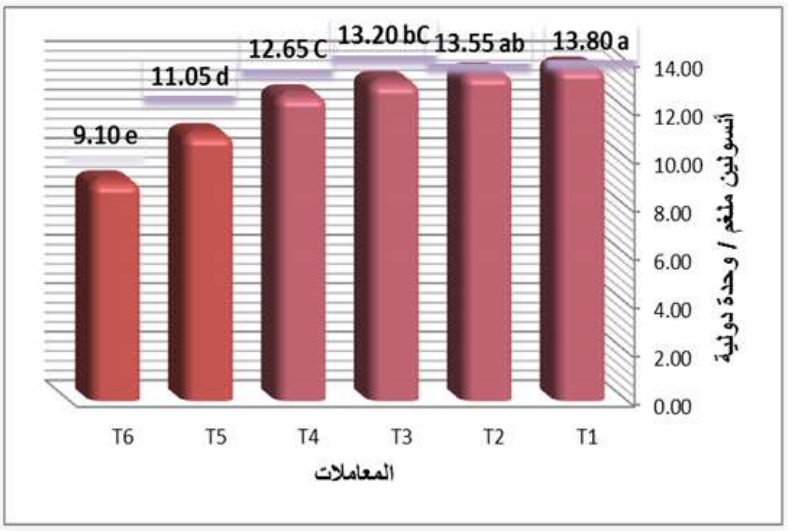
أوضحت نتائج التحليل الإحصائي لسكر دم أسماك الكارب الشائع ارتفاع تركيز سكر الدم في المعاملات التي غذيت على مستوى عالٍ من الكربوهيدرات مقارنة مع تلك التي غذيت على مستوى أقل (الشكل 1). إذ ارتفعت المعاملة T6 معنوياً $p<0.05$ على بقية المعاملات و سجلت أعلى تركيز لسكر الدم 162.50 ملغم/100 مل ثم تلتها المعاملة T5 بقيمة سكر دم بلغت 153.50 ملغم/100 مل والتي ارتفعت معنوياً $p< 0.05$ على المعاملات T1 وT2 و T3 وT4, في حين لم تختلف المعاملتان T1 وT2 فيما بينهما ولكنهما ارتفعتا معنوياً على المعاملتين T3 و T4 إذ سجلت المعاملة T3 أقل قيمة سكر دم بلغت 85.00 ملغم/100 مل.



شكل (1) تركيز سكر الدم لأسماك الكارب الشائع المغذاة على علائق حاوية نسب مختلفة من كسر الرز

- **الأنسولين**

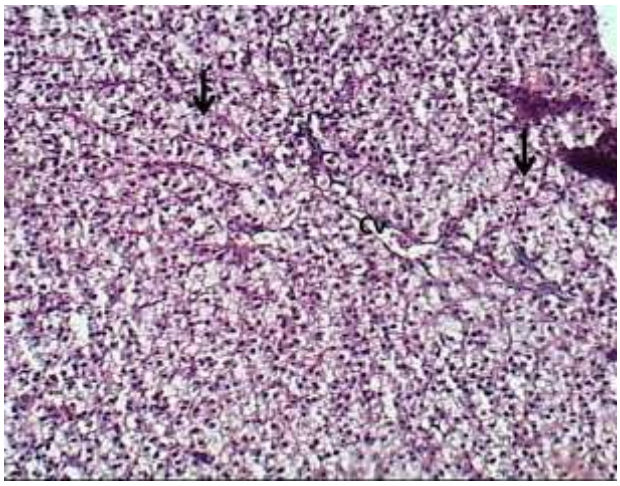
بينت نتائج التحليل الاحصائي لقيم تراكيز هرمون الأنسولين ان أعلى قيمة سجلت كانت لمعاملة السيطرة T1 (صفر% كسر رز) وبلغت 13.80 ملغم/وحدة دولية والتي لم تختلف معنوياً $p< 0.05$ على المعاملة T2 (15 % كسر رز) وهي لم تختلف على المعاملة T3, في حين لم تختلف المعاملتان T3 وT4 فيما بينهما. وسجلت المعاملة T6 أقل قيمة لتركيز هرمون الأنسولين (9.10 ملغم/وحدة دولية) المفرز في بلازما دم الأسماك (شكل 2).



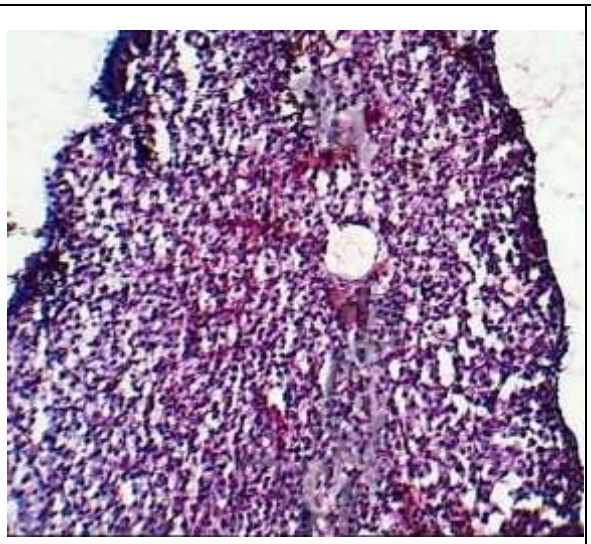
شكل (2) تركيز الأنسولين في بلازما دم اسماك الكارب الشائع المغذاة على علائق حاوية نسب مختلفة من كسر الرز

التغيرات النسيجية

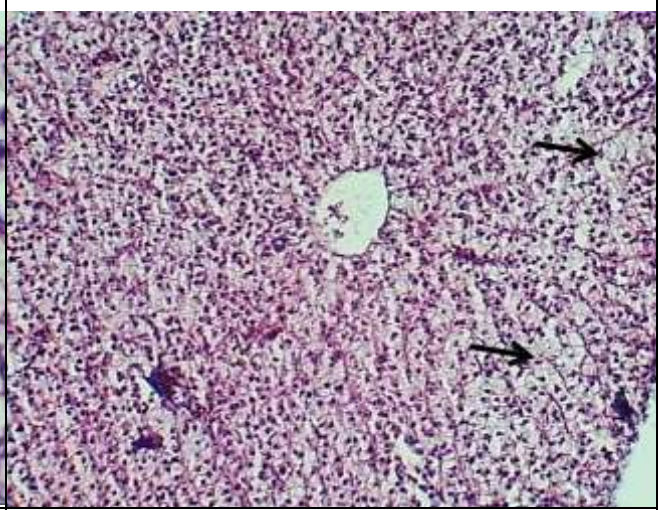
أظهر الفحص العياني لأنسجة كبد أسماك الكارب الشائع المغذاة على نسب مختلفة من كسر الرز كمصدر للكربوهيدرات عدم وجود تغيرات مرضية عيانيه حادة أو واضحة بشكل عام من حيث اللون والتجانس الصبغي للكبد مع عدم وجود أي علامات مرضية عيانيه ذات أهمية تذكر. في ضوء الفحص المجهري أوضحت الفحوصات النسيجية تشابه أكباد أسماك المعاملة T2 (نسبة كسر رز 15%) والمعاملة T1 (صفر% كسر رز) إذ لوحظ عدم وجود تغيرات دهنية وعدم وجود تجمعات للخلايا اللمفية حول الأوعية الدموية كما لم يلاحظ وجود تنكس مائي بؤري لخلايا الكبد أو موت لنواة الخلايا وكذلك عدم وجود فجوات في السايتوبلازم شكل (3 و4). أظهرت نتائج الفحص النسيجي لأكباد اسماك المعاملات T4 وT5 وT6 (45 و60 و75% كسر رز) على التوالي, حدوث نزف وتوسع في جيبانيات الكبد وسبب النزف يعود الى تمزق الجيبانيات التي هي بالأصل قنوات دموية توجد بين حبال الخلايا الكبدية وبسبب شدة الاحتقان, كانت نتائج التنكس المائي أشد مما كانت عليه في المعاملة الثالثة T3 والتي أدت بالتالي الى تنخر وموت قسم من الخلايا الكبدية وتحللها (Necrosis) مما أدى الى تكون فراغات تجمع فيها الدم بشكل بؤر نزفية مع تخلخل تنظيم حبال الخلايا الكبدية شكل (6 و7 و8).



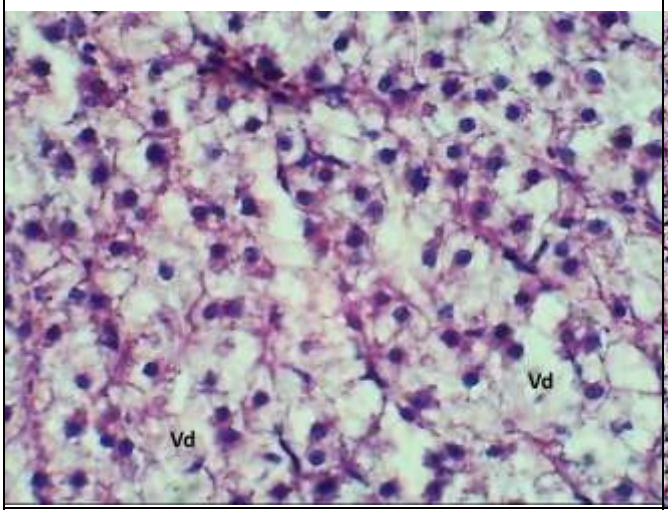
شكل (3) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة السيطرة) وسط طبيعي لا توجد اي تنكسات (cv) الوريد ونمط الحبال الكبدية (السهم الأسود) (صبغة H & E × 40)



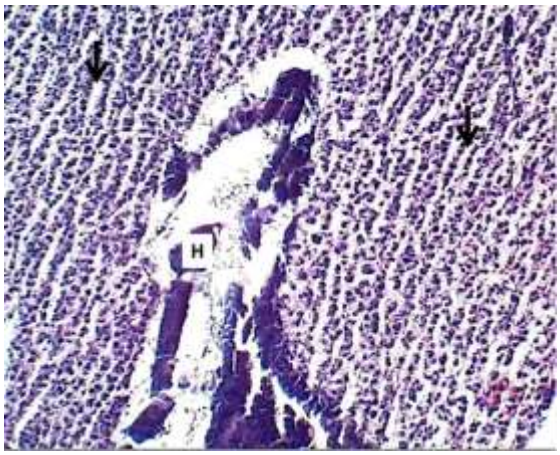
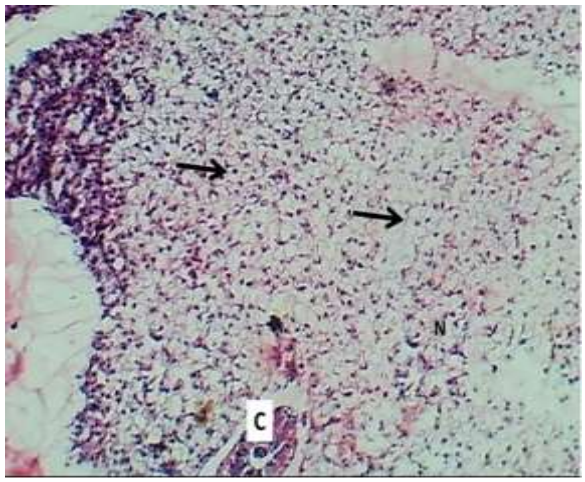
شكل (4) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة الثانية) يظهر: الوريد المركزي الطبيعي ونمط الحبال الكبدية (صبغة H & E × 40)



شكل (5) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة الثالثة) تنكس مائي بؤري وخلوي بسيط للخلايا الكبدية (السهم الأسود) (صبغة H & E × 40)



شكل (6) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة الرابعة) تنكس و تنخر لخلايا الكبدية (vd) (صبغة H & E × 40)

	
شكل (7) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة الخامسة) نزف دموي بسبب نحطم الخلايا (H) فراغات بسبب التنخر (الأسهم) (صبغة H & E × 40)	**شكل (8) مقطع نسيجي في كبد سمكة الكارب الشائع (معاملة السادسة) تنكس شديد لخلايا الكبدية (الأسهم) احتقان وريدي مركزي (C) و تنخر خلايا الكبد (N) (صبغة H & E × 40)**

المناقشة

سكر الدم

ربما يعود ارتفاع سكر الدم (الكلوكوز) الى ارتفاع مستوى الكربوهيدرات في علائق تغذية أسماك الكارب الشائع. تتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصلت إليه دراسات عدة أخرى إذ أشار العديد منها الى ان مستوى قيم سكر الدم ترتفع بارتفاع مستوى الكربوهيدرات في علائق أسماك البريم الحمراء البحرية *Chrysophrys major*وأسماك الكارب الشائع وأسماك التراوت القزحي *Oncorthynchus mykiss* (Furuichi وYone, 1981 ؛ Krogdahl واخرون, 2004 ؛ التميمي, 2007). اما فيما يخص المعاملتان T3 و T4 فقد كان مستوى السكر فيهما أقل من المعاملتين T1 و T2 اللتان فيهما نسب مستوى الكربوهيدرات أقل قد يكون السبب الى ان اسماك هاتين المعاملتين T3 و T4 قد تناولت كميات قليلة او لم تتناول وقت تقديم وجبات العلائق الخاصة بتغذيتهم في الوقت الذي فيه أخذت عينات الدم منهما لقياس مستوى السكر اي ان مستوى السكر يرتفع مع مستوى التغذية وتأثير الجهد وهذا يتفق مع ما وجده التميمي (2007) الى ان حالة فرط السكر في دم الأسماك تستمر لمدة 8 ساعات عند تغذيتها على عليقتين تحتويان على نسب نشأ تراوحت بين 600 و 450 غم كغم بينما استقر مستوى سكر الدم قريب من مستواه قبل التغذية. كما استنتج Hemre (2002) أن مدة 24 ساعة او اكثر لازمة لإعادة مستوى الكلوكوز الى مستواه الطبيعي في الأسماك المفترسة, وأضاف ان المدى الطبيعي لمستوى الكلوكوز في بلازما الدم لمعظم انواع الأسماك لم يحدد بعد إذ يتراوح ما بين 36 و 180 ملغم/100 مل في دم أسماك القد *Gadus morhus* و54–180 ملغم/100 لأسماك السالمونيات. كما لوحظ قدرة اكبر في الأسماك القارتة على تنظيم مستوى الكلوكوز بالدم إذ ان المدة اللازمة لأعادته الى مستواه الطبيعي 5 ساعات في اسماك الكارب الشائع بعد تغذيتها على علائق حاويه على الدكسترين بنسبة 40% (Furuichi و Yone, 1981). و لوحظ ان جميع أسماك التجربة لم تتعدَّ الحدود العليا لسكر الدم على الرغم من زيادة نسبة الكربوهيدرات في علائقها.

الأنسولين

وقد يعود السبب في انخفاض افراز هرمون الأنسولين في المعاملتين T5 وT6 الى ارتفاع السكر في دم الأسماك التي غذيت على مستوى عالٍ من الكربوهيدرات (شكل 1). إذ اشارت نتائج دراسات عدة الى ان الأسماك تسلك سلوكاً مشابهاً لما موجود في اللبائن المصابة بمرض البول السكري إذ تعاني من ضعف القدرة على افراز هرمون الأنسولين مما يؤدي الى عدم القدرة على السيطرة على مستوى الكلوكوز في الدم مقارنة باللبائن (Wilson وPoe, 1987 ؛ Hepher, 1988).

تتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل اليه (Zhou واخرون, 2013) في تغذية اسماك *Megalobrama amblycephala* على مستوى عالٍ من الكربوهيدرات في مجموعتين المجموعة الأولى احتوت على نسبة كربوهيدرات بلغت 30.42 % والمجموعة الثانية 52.92 % فكانت قيمة الأنسولين منخفضة في المجموعة الثانية عند 45 يوماً من التربية.

التغيرات النسيجية

لوحظ حدوث تنكس مائي بسيط للخلايا الكبدية لأسماك المعاملة الثالثة (30% كسر رز) وقد يعزى الى خلل في عمل مضخة Na_ K pum في جدار الخلايا الكبدية المسؤولة عن تنظيم كمية الماء داخل الخلايا إذ ان زيادة مستوى الكربوهيدرات تسبب في عطل هذه المضخة مما أدى إلى أن تتجمع السوائل داخل الخلايا الكبدية مما سبب تضرر المايتوكوندريا والشبكة الأندوبلازمية للخلايا الكبدية (Kumar واخرون, 2018) كماهو مبين في الشكل (5).

اما فيما يخص المعاملات T4 وT5 وT6 (45 و60 و75% كسر رز) على التوالي. قد يعود هذا الى ارتفاع مستوى الكربوهيدرات في علائق أسماك الكارب الشائع إذ ان زيادة الكربوهيدرات لها تأثير سلبي على أنسجة الكبد (Amoah واخرون, 2008). يسبب تراكم الكلوكوز على شكل كلايكوجين الى ظهور تنكس دهني ومائي واختفاء النواة في أغلب الأحيان في أنسجة الكبد (Prisingkorn واخرون, 2017). كما أشارت بعض الدراسات مثل دراسة Mohapatra واخرون (2003) و Yengkokpam (2003) تضخم خلايا الكبد بسبب ارتفاع نسب الكربوهيدرات الغذائية في علائق بعض أنواع الأسماك وبالتالي أدت الى تلف وتنكس أنسجة الكبد. والدراسة الحالية تتفق مع ما توصل اليه Xu و اخرون (2018) باستخدام نسب مختلفة من الكربوهيدرات في علائق أسماك *Megalobrama amblycephala* إذ لاحظ توسع وتنخر لخلايا الكبد و حدوث تجمعات للدم.

المصادر

التميمي, رياض عدنان ارميلة (2007). العلاقة بين نشاط إنزيم ألفا أميليز ونوعية العلائق في أصبعيات اسماك الكارب الشائع *Cyprinus carpio* تحت الظروف المختبرية، أطروحة دكتوراه. جامعة البصرة، صفحة 128.

الحاج, حميد احمد (2010) . التحضيرات المجهرية الضوئية النظرية والتطبيق. الطبعة الأولى . دار المسيرة للنشر والتوزيع, عمان, الأردن, 17 – 137 ص .

Amoah, A.; Coyle, S.D., Webster, C.D.; Durborrow, R.B.M.; Bright, L.A. and Tidwell J. H. (2008). Effects of graded levels of carbohydrate on growth and survival of largemouth bass, *Micropterus salmoides*. Journal of the World Aquaculture Society 39, 397–405.

Anderson, T. and Silva, D.S.(2003) . Nutrition. In:Aquaculture. Lucas,S.J., and Southgate, C.P. (ed), Blackwell publishing company, 502pp.

Deng, K., Pan, M., Liu, J., Yang, M., Gu, Z., Zhang, Y., Liu, G., Liu, D., Zhang, W., Mai, K., (2018). Chronic stress of high dietary carbohydrate level causes inflammation and influences glucose transport through SOCS3 in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Sci. Rep. 8, 7415.

Furuichi, M. and Yone, Y. (1981). Changes of blood sugar and plasma insulin levels of shes in glucose tolerance tests. Bull. Jap. Soci. Sci Fish 47: 761-764.

Hemre, G. -I.; Bjrnevik , M.; Beattie , C.; Bjrnsson, B.T. and Hansen, T.(2001).Dietary carbohydrate influence on photo period Manipulations affecting growth and salt-water tolerance in Atlantic salmon Salmo salar. Aquacult. Nutr. , 7, 1–10.

Hemre, G. I.; Mommsen, T. P. and Krogdahl, A. (2002). Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. Aquacult. Nutr., 8: 175- 194.

Hepher, B. (1988). Nutrition of pond fishes. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 388 P.

Kamalam, B.S.; Medale, F.; Panserat, S. (2017). Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: new insights on influencing factors, biological limitations and future strategies—ScienceDirect. *Aquaculture, 467*, 3–27.

Krogdahl, A. ; Hemre G. I. and Mommsen T. P. (2005) . Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in post larval stages. Aquac Nutr; 11:103–122.

Kumar, S.; Sahu, N.P.; Pal, A.K.; Choudhury, D.; Yengkokpam, S.; and Mukherjee, S. C. (2005). Effect of dietary carbohydrate on haematology, respiratory burst activity and histological changes in L. rohita juveniles. Fish Shellfish Immunol. 19: 331–344.

Kumar,V. ; Abbas , A.K and Aster, J.C.(2018). Rubbins Basic Patholoy . 10 th Ed . Elsevier . 33 – 35 pp.

Mohapatra, M.; Sahu, N. P. and Chaudhari, A. (2003). Utilization of gelatinized carbohydrate in diets of *Labeo rohita* fry. Aquacult. Nutr., 9: 189-196.

NRC National Research Council.(2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp.National Academy Press,Washington, DC, pp. 135-162

Prisingkorn, W.; Prathomya, P.; Jakovlic, I.; Liu, H.; Zhao, Y. H.; and Wang, W. M. (2017). Transcriptomics, metabolomics and histology indicate that high-carbohydrate diet negatively affects the liver health of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). BMC *Genomics*, 18, 856.

SAS, (2012). Statistical Analysis System , Users Guide . Statistical. Version 9.1 ed.SAS .inst.inc. Cary.N.C.USA.

Schrama, J.W., Saravanan, S., Geurden, I., Heinsbroek, L.T.N., Kaushik, S.J., Verreth, J. A.J., 2012. Dietary nutrient composition affects digestible energy utilisation for growth: a study on Nile tilapia (Oreochromis niloticus) and a literature comparison across fish species. Br. J. Nutr. 108, 277–289.

Tian, L.X.; Liu, Y.J.; Yang, H.J.; Liang, G.Y.; Niu, J. (2012). Effects of different dietary wheat starch levels on growth, feed efficiency and digestibility in grass carp (Ctenopharyngodon idella). Aquacult. Internat. 20: 283–293.

Wilson, R. P. and Poe, W. E. (1987). Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono and disaccharides as energy sources. J. Nutr., 117: 280-285.

Xu, J.; Wang, F.; Jakovlić, I.; Prisingkorn, W.; Li, J.T.; Wang, W.M. and Zhao, Y.H. (2018). Metabolite and gene expression profiles suggest a putative mechanism through which high dietary carbohydrates reduce the content of hepatic betaine in Megalobrama. Amblycephala Metabolomics 14, 94.

Yengkokpam, S. (2003). Effect of different sources and levels of gelatinized carbohydrate on nutrient utilization in *Catla catla* fingerlings. M.F. Sc. Dissertation submitted to Deemed University, Central Institute of Fisheries Education, Mumbai;

Zhou, C.; Liu, B.; Ge, X.; Xie, J. and Xu, P. (2013). Effect of dietary carbohydrate on the growth performance, immune response, hepatic antioxidant abilities and heat shock protein 70 expression of Wuchang bream, *Megalobrama amblycephala*. J. Appl. Ichthyol. 29(6), 1348-1356.