

DOI: 10.26693/jmbs02.04.148

УДК 57.017.3, 595.773

Абрат О. Б., Дідух Ю. О.

ВПЛИВ ОБМЕЖЕННЯ ДРІЖДЖІВ У ХАРЧОВОМУ РАЦІОНІ ДРОЗОФІЛ НА ПАТОЛОГІЧНІ ЗМІНИ У ЇХ ТІЛІ ЗА УМОВ НАДЛИШКОВОГО СПОЖИВАННЯ КРОХМАЛЮ НА ОСНОВІ АМІЛОЗИ

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»,
Івано-Франківськ, Україна

abrat_kbb@ukr.net

Загальноприйнятним є той факт, що надмірне споживання їжі, особливо вуглеводів, сприяє ожирінню та підвищує ризик розвитку багатьох хронічних захворювань. Однак молекулярні механізми, які регулюють якість життя як безхребетних, так і хребетних тварин, не обмежуються надмірним споживанням вуглеводів. У цій роботі вивчено вплив надлишку полісахариду крохмалю із високим вмістом амілози на життєдіяльність дрозофіл залежно від вмісту дріжджів у їх дієтах. Показано, що за умов достатньої кількості білкового компоненту у дієті мух (5-15% дріжджів у середовищі) споживання надлишку крохмалю на основі амілози (20% у середовищі) суттєво не впливає на розвиток та метаболізм *D. melanogaster*. Однак в умовах обмеження білкового компоненту (1% дріжджів) надлишок крохмалю призводить до сповільнення розвитку та підвищення рівня окисних пошкоджень у тілі дрозофіл.

Ключові слова: *Drosophila melanogaster*, повільнозасвоюваний крохмаль, лялькування, триацилгліцериди, пероксили ліпідів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Стаття є фрагментом наукової теми кафедри біохімії та біотехнології ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» «Фізіолого-біохімічні аспекти адаптацій живих організмів до несприятливих умов довкілля», № держ. реєстрації 0112U000061.

Вступ. Харчування є одним із визначальних факторів, що впливають як на тривалість, так і

якість життя людини та тварин. Дисбаланс у споживанні макро- і мікронутрієнтів є причиною багатьох порушень в організмі та пов'язаних з цим захворювань. Серед них порушення окисно-відновного потенціалу в клітинах, який часто пов'язують із інтенсифікацією вільнорадикальних процесів при надлишковому споживанні вуглеводів [28]. Ще одними порушеннями, що найчастіше виникають при надлишковому споживанні вуглеводів, є метаболічні [2, 7, 8]. Однак останнім часом вчені все більше схиляються до думки, що їх причиною є не сам надлишок вуглеводів у раціоні, а дисбаланс між вмістом вуглеводів та інших макронутрієнтів, зокрема білків [21, 24]. Вважається, що різне співвідношенні білків та вуглеводів у раціоні призводить до реорганізації обміну речовин на біохімічному рівні [4, 9, 29]. При цьому чіткого алгоритму такої перебудови досі не встановлено.

Плодова мушка дрозофіла визнана доброю моделлю для вивчення порушень, пов'язаних з обміном вуглеводів, оскільки не лише має еволюційно-консервативні шляхи метаболізму [17, 22], але і є більш чутливою до вмісту вуглеводів у дієті, порівняно із ссавцями [26-27].

Тому метою дослідження було встановити залежність впливу вуглеводів у нормі та надлишку на розвиток та окремі біохімічні параметри дрозофіл при різному вмісті білкового компоненту в їхній дієті.

Матеріал і методи дослідження. У дослідженні використовували особини *D. melanogaster* лінії *w¹¹¹⁸*, яка є похідною стандартної лабораторної лінії

Canton S, однак дефектна за геном, який визначає пігментацію очей (white). Лінію мух отримано з колекції Блумінгтонського стокового центру університету Індіани (США). Базові культури *D. melanogaster* утримували в скляних банках місткістю 250 мл на живильному середовищі, яке містило в одному літрі 40 мл меляси, 40 г пекарських дріжджів і 100 г агар-агару. Для інгібування росту цвілевих грибів у середовище після пастеризації додавали 0,18% (об'єм/об'єм) метилпарабену (ніпагіну) [11]. Мухи базової та експериментальних культур розвивалися та утримувалися при постійній температурі (25° С) та регульованому фотоперіоді (12:12, день:ніч). Відносна вологість повітря становила 60-70%. Експериментальні середовища містили 1, 5, 10 та 15% дріжджів (вага / об'єм), 0,18% ніпагіну (об'єм / об'єм), 1% агару (вага / об'єм) і 5% або 20% (вага / об'єм) водорозчинного крохмалю із високим вмістом амілози (47% згідно інформації виробника).

Для визначення швидкості заляльковування батьківська культура мух розвивалася й утримувалася на мелясно-дріжджових середовищах. Стодвісті мух 3-6-денного віку, які попередньо голодували протягом 3 год, пересаджували у скляні банки місткістю 50 мл, що містили середовище із 5% крохмалю, 5% дріжджів та 1% агару. Мухи відкладали яйця на середовище протягом 2-3 годин. Яйця мух промивали і вносили у банки з відповідним експериментальним середовищем. Швидкість розвитку мух оцінювали, підраховуючи кількість лялечок від початку їх формування. По кривих заляльковування визначали медіану – час, за який заляльковувалося 50% особин. Через 4-6 днів, як личинки заляльковувалися, вимірювали висоту заляльковування як відстань від поверхні із поживним середовищем (визначалося як нуль). Після досягнення стадії імаго мух переносили на свіжі живильні середовища того ж складу. Мух дводенного або восьмиденного віку анестезували CO₂, розділяли за статями, заморозували при -70 °С для визначення біохімічних параметрів.

Вміст триацилгліцеридів (ТАГ) у тілі мух визначали ензиматично з використанням діагностичного набору Liquick Cor-TG, P.Z. Cormay S.A. (Польща). Вміст пероксидів ліпідів визначали FOX- методом [6], при цьому екстракцію ліпідів здійснювали охолодженням 96% етанолом (4 °С).

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали за допомогою комп'ютерної програми „Mynova”. В якості статистичних показників використовували середнє арифметичне та похибку середнього арифметичного – $M \pm m$. Порівняння середніх арифметичних і визначення достовірної різниці між ними проводили за допомогою критерію Стьюдента та Даннета.

Результати досліджень та їх обговорення.

Відомо, що вуглеводи складають основу харчового раціону *D. melanogaster* у природі. Однак експериментально доведено, що у лабораторних умовах цих комах можна сміливо використовувати як модель для дослідження метаболічних перебудов при надмірному споживанні вуглеводів [3, 5, 14]. Існує фенотипова подібність метаболічних порушень, пов'язаних з ожирінням, у безхребетних та хребетних тварин, індукована переїданням моно- та дисахаридів [13-15]. Однак даних щодо відмінностей між моно- та полісахаридами на метаболічні показники дрозофіл досі недостатньо.

Полісахарид крохмаль останнім часом викликає науковий інтерес у дослідників з позиції біодоступності його волокон. Крохмаль із високим вмістом амілози відносять до фракції повільнозасвоюваних, що робить його безпечнішим, порівняно з іншими типами крохмалю, для споживання у надлишкових кількостях [19, 25]. Повільнозасвоюваний крохмаль повільніше гідролізується в кишечнику, забезпечуючи тривале вивільнення глюкози з низькою початковою глікемією, що призводить до тривалої доступності енергії у порівнянні з більш швидкозасвоюваним крохмалем на основі амілопектину [2]. Однак однозначних даних, які доводять безпечність споживання крохмалю на основі амілози у високих дозах, досі недостатньо.

У наших попередніх роботах було показано, що споживання крохмалю на основі амілози у високих дозах (20%) не мало відчутного глікемічного навантаження на *D. melanogaster*, але призводило до затримки розвитку комах, збільшення рівня триацилгліцеридів у їх тілі та зменшення тривалості життя [1]. Однак вміст дріжджів у харчовому раціоні за таких умов був відносно низьким (2%). Тому метою даного дослідження було перевірити чи негативний вплив крохмалю на фізіологічні і біохімічні параметри у мух не змінюється залежно від вмісту білкового компоненту в їжі.

Швидкість заляльковування – поширений параметр, який використовують для оцінки фізіологічного стану плодової мушки. Тому спершу було оцінено динаміку заляльковування мух на дієтах, що містять помірні (5%) та надлишкові (20%) дози крохмалю. При цьому вміст дріжджів, як білкового компоненту дієти, змінювався в дуже широких межах: від незначного обмеження (1%) через помірні концентрації (5%-10%) аж до надлишку (15%). Водночас, усі використані концентрації вуглеводів та білків у дієті були фізіологічними за тих чи інших умов [10].

Експериментальне середовище «5К/5Д» (5% крохмаль/5% дріжджів) було обрано контрольним і всі інші параметри зіставляли з ним. Як видно з **рисунка 1**, розвиток комах на помірних дозах

крохмалю практично не змінювався як при помірному, так і надмірному вмісті білкового компоненту в середовищі. В той же час розвиток комах уповільнювався при відносно низькому вмісті білка у середовищі (1%). Медіана заляльковування (час, за який заляльковуються 50% особин) на середовищі «5К/1Д» (5% крохмаль/1% дріжджів) була у 1,2 рази вищою, порівняно з розвитком на середовищі «5К/5Д». Такий ефект був очікуваним, оскільки дрозофіли належать до комах із повним перетворенням, тому цілком очевидно, що достатній вміст білка на личинковій стадії був визначальним для їх розвитку. При цьому збільшення вуглеводної компоненти за умов низького вмісту білка ще більше уповільнювало розвиток дрозофіл. Медіана заляльковування на дієті «20К/1Д» була у 1,2 та 1,3 рази вищою за таку на дієтах «5К/1Д» та «5К/5Д» відповідно. Такий ефект доводить, що сповільнення у розвитку комах за умов зниження вмісту білка до 1% не пов'язаний із енергетичним обмеженням, а, швидше за все, зумовлений порушеннями, які впливають на функціональний стан самих личинок.

Відомо, що ще одним неспецифічним показником загального функціонального стану личинок є висота їх заляльковування [23].

З **рисунка 2** чітко видно, що на 1% дріжджовій дієті висота заляльковування була достовірно нижчою, порівняно з групою порівняння та іншими групами, де вміст дріжджів коливався від 5% до 15%.

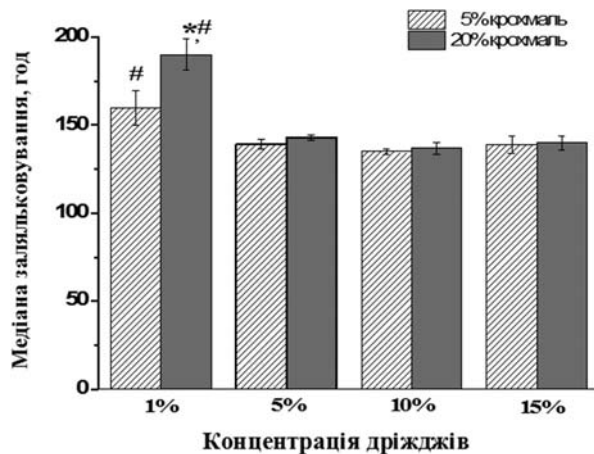


Рис. 1. Медіана заляльковування – час, за який лялькується 50% особин *D. melanogaster* лінії *w1118*, при споживанні ізокалорійних дієт із різним співвідношенням білкової (дріжджі) та вуглеводної (крохмаль із високим вмістом амілози) їжі. Значення вірогідно відмінне ($P < 0,05$) від відповідної групи порівняння:

#концентрація дріжджів 5%, *концентрація крохмалю 5% та концентрація сухих дріжджів 1% (група «5К/1Д»). Дані наведено як $M \pm m$; $n = 4$ (~600 мух у незалежному експерименті)

При цьому надлишок крохмалю в середовищі істотно знижував цей показник. Висота заляльковування на дієті «20К/1Д» була на 52% нижчою, порівняно з такою на дієті «5К/1Д». Як бачимо, чітко простежується негативний вплив нестачі дріжджів на фізіологію розвитку плодової мушки. При цьому додавання крохмалю у надлишкових кількостях суттєво погіршує цей показник. Можемо припустити, що першопричиною фізіологічних ефектів, які пов'язані з нестачею дріжджів, є нестача окремих амінокислот і вітамінів, що входять до складу дріжджів і відповідають за інгібування і/чи активацію певних регуляторних шляхів, задіяних у розвитку комах або їх адаптації до несприятливих умов. Це припущення узгоджується з результатами інших дослідників, які показали, що при зниженні вмісту білків у раціоні якість життя у *D. melanogaster* змінюється і ці зміни суттєво залежать від співвідношення білків та вуглеводів у раціоні [16, 21].

Раніше нами було показано, що на 2% білковій дієті надлишок крохмалю в середовищі призводив до дозозалежного збільшення рівня запасних ліпідів у тілі самок дрозофіл та не впливав на рівень триацилгліцеридів (ТАГ) у самців [1]. Тому ми припустили, що сповільнення у розвитку комах при надлишку крохмалю в середовищі на 1% дріжджовій дієті може бути пов'язане з порушенням ліпідного обміну.

На **рис. 3** зображено вміст запасних ліпідів у тілі фруктової мушки за різних експериментальних

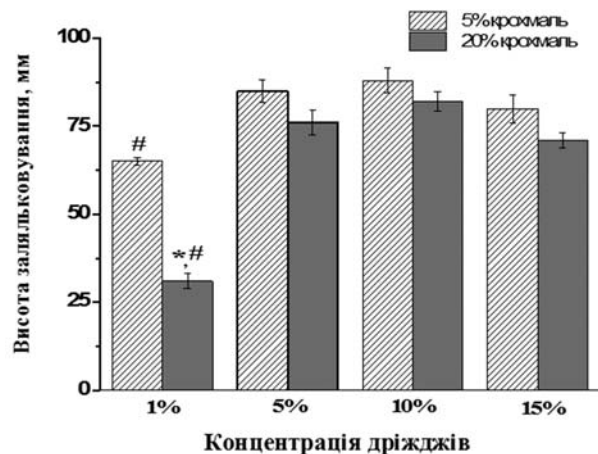


Рис. 2. Висота заляльковування личинок *D. melanogaster* лінії *w1118*, при споживанні ізокалорійних дієт із різним співвідношенням білкової (дріжджі) та вуглеводної (крохмаль із високим вмістом амілози) їжі. Значення вірогідно відмінне ($P < 0,05$) від відповідної групи порівняння:

#концентрація дріжджів 5%, *концентрація крохмалю 5% та концентрація сухих дріжджів 1% (група «5К/1Д»). Дані наведено як $M \pm m$; $n = 4$ (~600 мух у незалежному експерименті)

умов. Як бачимо, вміст ТАГ не змінювався у самців, однак у самок на 1% дріжджовій дієті бачимо зниження рівня запасних ліпідів. Зокрема, вміст ТАГ на дієті «5К/1Д» (крохмаль/дріжджі) був на 56% нижчим, порівняно з їх рівнем на дієті «5К/5Д».

Збільшення рівня білка до 15% не впливало на вміст запасних ліпідів, порівняно з відповідною групою порівняння. В той же час, накопичення ТАГ за умов споживання надлишку полісахариду крохмалю спостерігали у самок лише на 1% дріжджовій дієті (рис. 3Б). Наші дані повністю узгоджуються з даними американських дослідників, які на прикладі дисахариду сахарози показали, що накопичення жирів при надлишку вуглеводів у дрозофіл відбувається, в основному, за умов дефіциту білка [21]. Варто зауважити, що у наших експериментах на крохмалі із високим вмістом амілози вміст запасних жирів у групи «20К/1Д» був на 30% нижчим,

порівняно з групою порівняння «5К/5Д» та «20К/5Д». Тому вважаємо, що затримка у розвитку комах при дефіциті дріжджів та надлишку полісахариду крохмалю не пов'язана із суттєвими порушеннями в обміні ліпідів.

Відомо, що однією із суттєвих причин затримки у розвитку *D. melanogaster* та наступним зниженням якості їх життя є накопичення окисних пошкоджень, спричинених продукцією активованих форм кисню при надлишковому споживанні вуглеводів [18, 20]. Ми припустили, що окисні пошкодження можуть бути однією з причин погіршення функціонального стану комах. На рисунку 4 зображено вміст пероксидів ліпідів у дводенних мух *D. melanogaster* за умов різного співвідношення дріжджів та крохмалю в середовищі росту. Відомо, що ліпідні одними із перших піддаються окисним пошкодженням в клітині і є маркерами інтенсифікації окисдативного стресу [12, 30]. Як ми і очікували, за умови

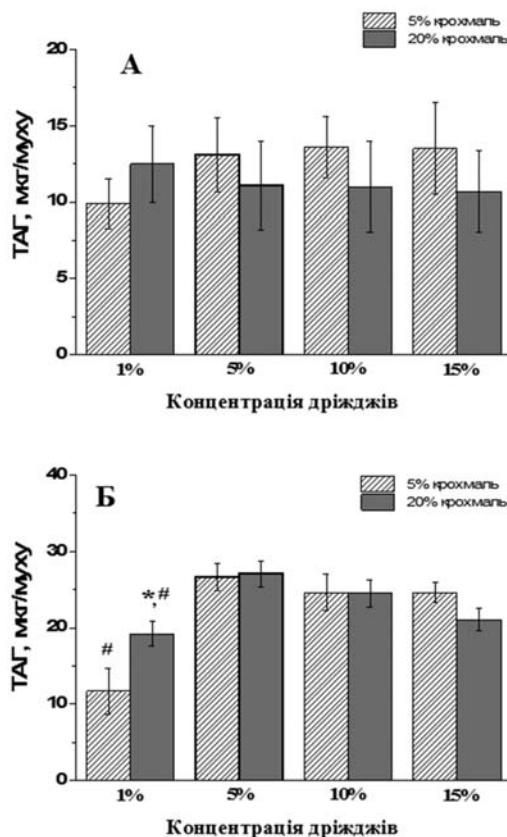


Рис. 3. Вміст триацилгліцеридів (ТАГ) у тілі 8-денних самців (А) та самок (Б) мух *D. melanogaster* лінії *w1118*, вирощених на ізокалорійних дієтах із різним співвідношенням білкової (дріжджі) та вуглеводної (крохмаль із високим вмістом амілози) їжі. Значення вірогідно відмінне ($P < 0,05$) від відповідної групи порівняння (ГП):

#концентрація дріжджів 5%, *концентрація крохмалю 5% та концентрація сухих дріжджів 1% (група «5К/1Д»).

Дані наведено як $M \pm m$, $n=3-4$

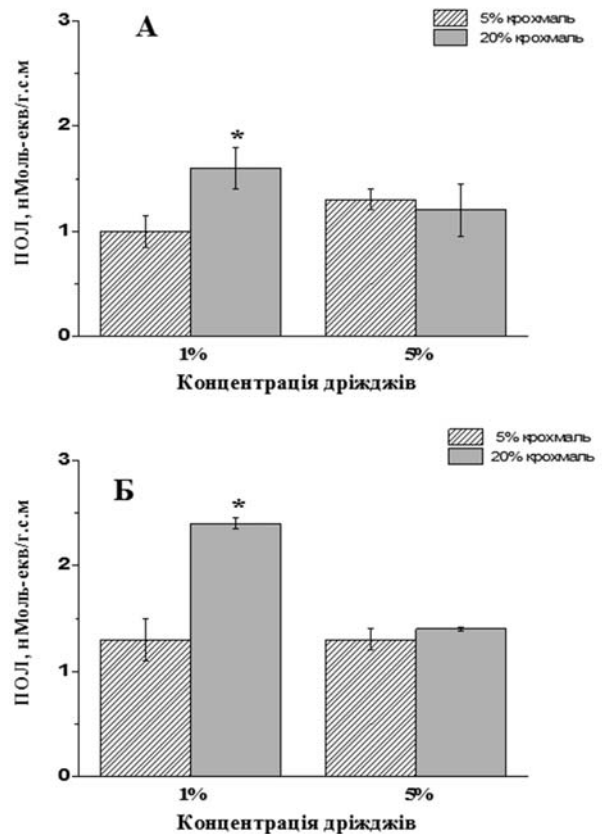


Рис. 4. Вміст пероксидів ліпідів у тілі 2-денних самців (А) та самок (Б) *D. melanogaster* лінії *w1118*, вирощених на ізокалорійних дієтах із різним співвідношенням білкової (дріжджі) та вуглеводної (крохмаль із високим вмістом амілози) їжі. Значення вірогідно відмінне ($P < 0,05$) від відповідної групи порівняння:

*концентрація крохмалю 5% та концентрація сухих дріжджів 1% (група «5К/1Д»). Дані наведено як $M \pm m$, $n=3-4$

надлишку крохмалю вміст перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) був вищим як у самців, так і самок плодової мушки за умов низького вмісту білка. Вміст ПОЛ у групи «20К/1Д» (крохмаль/дріжджі) був у 1,4 та 1,7 рази вищим у самців та самок відповідно, порівняно з відповідними групами «5К/1Д». Цікаво, що при достатній кількості білкового компоненту і надлишку полісахариду, окисного пошкодження ліпідів не відбувалося.

Отож саме вміст білка в дієті дрозофіл грає визначальну роль при розвитку окисних пошкоджень надлишком вуглеводів.

Висновки. Обмеження дріжджів у харчовому раціоні *D. melanogaster* сприяє патологічним змінам у їх тілі за умов надлишкового споживання крохмалю на основі амілози, що проявляється сповільненням у розвитку комах та накопиченню у їх тілі окисних пошкоджень.

Перспективою наступних досліджень є перевірка антиоксидантного статусу та тривалості життя комах за умов різного вмісту білка і надлишку крохмалю та розробка способів підвищення їх адаптаційного потенціалу.

References

1. Abrat O. Influence of amylose starch on development and lifespan of fruit fly *Drosophila melanogaster*. *JPNU*. 2015; 2 (1): 100–6. doi: 10.15330/jpnu.2.1.100-106.
2. Aller E, Abete I, Astrup A, Martinez JA, van Baak MA. Starches, sugars and obesity. *Nutrients*. 2011; 3 (3): 341–69. doi: 10.3390/nu3030341.
3. Diop S, Bisharat-Kernizan J, Birse R, Oldham S, Ocorr K, Bodmer R. PGC-1/Spargel counteracts high-fat-diet-induced obesity and cardiac lipotoxicity downstream of TOR and Brummer ATGL lipase. *Cell Rep*. 2015; 10 (9): 1572–84. doi: 10.1016/j.celrep.2015.02.022.
4. Guarente L. Calorie restriction and sirtuins revisited. *Genes Dev*. 2013; 27 (19): 2072–85. doi: 10.1101/gad.227439.113.
5. Heinrichsen E, Zhang H, Robinson J, Ngo J, Diop S, Bodmer R, Joiner WJ, Metallo CM², Haddad GG. Metabolic and transcriptional response to a high-fat diet in *Drosophila*. *Mol Metab*. 2014; 3 (1): 42–54. DOI: 10.1016/j.molmet.2013.10.003.
6. Hermes-Lima M, Willmore W, Storey K. Quantification of lipid peroxidation in tissue extracts based on Fe(III) xylenol orange complex. *Free Radical Biol Med*. 1995; 19 (3): 271–80.
7. Hong J, Park K. Further understanding of fat biology: lessons from a fat fly. *Exp Mol Med*. 2010; 42 (1): 12–20. doi: 10.3858/em.2010.42.1.007.
8. Kanasaki K, Koya D. Biology of obesity: lessons from animal models of obesity. *J Biomed Biotechnol*. 2011; 2011: 197636. doi: 10.1155/2011/197636.
9. Lee K, Simpson S, Clissold F, Brooks R, Ballard JWO, Taylor PW, Soran N, Raubenheimer D. Lifespan and reproduction in *Drosophila*: new insights from nutritional geometry. *Proc Natl Acad Sci*. 2008; 105 (7): 2498–503. doi: 10.1073/pnas.0710787105.
10. Li B, Andrews K, Pehrsson P. Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods. *J Food Compos anal*. 2002; 15 (6): 715–23.
11. Lozinsky O, Lushchak O, Storey J, Lushchak V. The mitochondrial uncoupler 2,4-dinitrophenol attenuates sodium nitroprusside-induced toxicity in *Drosophila melanogaster*: Potential involvement of free radicals. *Comp Biochem Physiol Part C: Toxicol Pharmacol*. 2013; 158 (4): 244–52. DOI: 10.1016/j.cbpc.2013.09.002.
12. Lushchak V. Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 2011; 153 (2): 175–90. DOI: 10.1016/j.cbpc.2010.10.004.
13. Musselman L, Fink J, Narzinski K, Ramachandran PV, Hathiramani SS, Cagan RL, Baranski TJ. A high-sugar diet produces obesity and insulin resistance in wild-type *Drosophila*. *Dis Model Mech*. 2011; 4 (6): 842–9. DOI: 10.1242/dmm.007948.
14. Musselman L, Fink J, Ramachandran P, Patterson BW, Okunade AL, Maier E, Brent MR, Turk J, Baranski TJ. Role of fat body lipogenesis in protection against the effects of caloric overload in *Drosophila*. *J Biol Chem*. 2013; 288 (12): 8028–42. DOI: 10.1074/jbc.M112.371047.
15. Pasco M, Léopold P. High sugar-induced insulin resistance in *Drosophila* relies on the lipocalin Neural Lazarillo. *PLoS One*. 2012; 7 (5): e36583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036583>.
16. Piper M, Partridge L, Raubenheimer D, Simpson S. Dietary restriction and aging: a unifying perspective. *Cell metabolism*. 2011; 14 (2): 154–60. DOI: 10.1016/j.cmet.2011.06.013.
17. Rajan A, Perrimon N. Of flies and men: insights on organismal metabolism from fruit flies. *BMC Biol*. 2013; 11 (1): 38. DOI: 10.1186/1741-7007-11-38.
18. Rovenko B, Kubrak O, Gospodaryov D, Perkhulyn NV, Yurkevych IS, Sanz A, Lushchak OV, Lushchak VI. High sucrose consumption promotes obesity whereas its low consumption induces oxidative stress in *Drosophila melanogaster*. *J Insect Physiol*. 2015; 79: 42–54. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2015.05.007.

19. Sajilata M, Singhal R, Kulkarni P. Resistant starch—a review. *Comp Rev Food Sci Food Safety*. 2006; 5 (1): 1–17.
20. Scialo F, Mallikarjun V, Stefanatos R, Sanz A. Regulation of lifespan by the mitochondrial electron transport chain: reactive oxygen species-dependent and reactive oxygen species-independent mechanisms. *Antioxid Redox Signal*. 2013; 19 (16): 1953–69. DOI: 10.1089/ars.2012.4900.
21. Skorupa D, Dervisefendic A, Zwiener J, Pletcher S. Dietary composition specifies consumption, obesity, and lifespan in *Drosophila melanogaster*. *Aging cell*. 2008; 7 (4): 478–90. DOI: 10.1111/j.1474-9726.2008.00400.x.
22. Smith W, Thomas J, Liu J, Li T, Moran TH. From fat fruit fly to human obesity. *Physiol Behav*. 2014; 136: 15–21. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.01.017.
23. Sokolowski M. Genetics and ecology of *Drosophila melanogaster* larval foraging and pupation behaviour. *J Insect Physiol*. 1985; 31 (11): 857–64.
24. Stanhope K. Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2015; 53 (1): 1–16. DOI: 10.3109/10408363.2015.1084990.
25. Tapsell L. Diet and metabolic syndrome: where does resistant starch fit in? *J AOAC Int*. 2004; 87 (3): 756–60.
26. Teleanu A. Molecular mechanisms of metabolic regulation by insulin in *Drosophila*. *Biochem J*. 2009; 425 (1): 13–26. DOI: 10.1042/BJ20091181.
27. Teleanu A, Ratzenbock I, Oldham S. *Drosophila*: a model for understanding obesity and diabetic complications. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2012; 120 (4): 184–5. DOI: 10.1055/s-0032-1304566.
28. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol*. 2007; 39 (1): 44–84. DOI: 10.1016/j.biocel.2006.07.001.
29. Vellai T, Takacs-Vellai K. Regulation of protein turnover by longevity pathways. *Adv Exp Med Biol*. 2010; 694: 69–80.
30. Yu BP. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol Rev*. 1994; 74 (1): 139–63.

УДК 57.017.3, 595.773

Влияние ограничения дрожжей в пищевом рационе дрозофил на патологические изменения в их теле при избыточном потреблении крахмала на основе амилозы

Абрам А. Б., Дидух Ю. А.

Резюме. Общепринятым является тот факт, что чрезмерное потребление пищи, особенно углеводов, способствует ожирению и повышает риск развития многих хронических заболеваний. Однако молекулярные механизмы, регулирующие качество жизни как беспозвоночных, так и позвоночных животных, не ограничиваются чрезмерным потреблением углеводов. В этой работе изучено влияние избытка полисахарида крахмала с высоким содержанием амилозы на жизнедеятельность дрозофил в зависимости от содержания дрожжей в их диетах. Показано, что в условиях достаточного количества белкового компонента в диете мух (5-15% дрожжей в среде) потребления избытка крахмала на основе амилозы (20% в среде) существенно не влияет на развитие и метаболизм *D. melanogaster*. Однако в условиях ограничения белков (1% дрожжей в среде) избыток крахмала приводит к замедлению развития и повышению уровня окислительных повреждений в теле дрозофил.

Ключевые слова: *Drosophila melanogaster*, медленно усваиваемый крахмал, оокливание, триацилглицериды, липидные пероксиды.

UDC 57.017.3, 595.773

Influence of Dietary Yeast Restriction on Pathological Changes in the Body of the Fruit Fly under High Consumption of Amylose Starch

Abram A. B., Didukh J. O.

Abstract. Nutrition is one of the important factors that affect both the longevity and quality of life. It is known that an excessive intake of all macronutrients, particularly carbohydrates, contributes to the development of obesity and oxidative damage. However, the nutritional properties of carbohydrates depend not only on their quantity, but also on the rate and extent of their digestion and absorption. Based on clinical and animal research, polysaccharide amylose starch had been proposed to be the most potentially beneficial starch fraction for human health. We aimed to study the safety of this fraction of starch for fruit fly, which is recognized to be a good model to study diseases associated with high carbohydrate consumption.

It is known that the molecular mechanisms which regulate quality of life in both invertebrates and vertebrates are not only limited to the excessive consumption of carbohydrates, but also depend on amount of protein components. Thus, in our work we manipulated the macronutrient composition of the food by varying levels of amylose starch (carbohydrate) and yeast (protein).

The *D. melanogaster* strain *w¹¹¹⁸* was obtained from Bloomington Stock Center (Bloomington, Indiana, USA). Experimental media contained 0.18% nipagin (v/v), 1% agar (w/v), 5% or 20% (w/v) amylose starch and yeast in a range of concentrations: 1%, 5%, 10% and 15% (w/v). Developmental survival was assessed as amount of eggs which were able to reach pupa stage. Median pupation time was calculated as the time at which 50% of total larvae had pupated (PT₅₀). The pupation height was measured as the distance from the food surface. Triacylglyceride (TAG) levels were measured using a diagnostic kit Liquick Cor-TG (P.Z. Cormay S.A., Poland) following kit guidelines. Lipid hydroperoxides (LOOH) content was assayed by FOX method.

The results of our study showed that diets with high concentrations of amylose starch (20%) and protein restriction (1%) significantly prolonged development time and delay pupation height in *D. melanogaster*, as compared to all other groups. In these conditions (20% starch and 1% yeast) we observed TAG accumulation in eight day-old-females. There was positive correlation between the levels of LOOH and consumed carbohydrate in two day-old-flies of both sexes under condition of protein restriction. However, consumption of diet with excessive amount of carbohydrate and middle (5-10%) or high (15%) protein content had no effect on the development and concentrations of TAG and LOOH in the body of fruit flies. In conclusion, we want to resume that a sufficient amount of protein in the diet reduces the negative effects of high-dose amylose starch.

Keywords: *Drosophila melanogaster*, slowly digestible starch, pupation, triacylglycerides, lipid peroxides.

Стаття надійшла 24.08.2017 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування