

В. В. Титок, гл. науч. сотрудник ИГиЦ НАН Беларуси; В. Н. Леонтьев, доцент;
И. М. Бурак, ассистент; И. В. Лайковская, мл. науч. сотрудник; С. И. Вакула, аспирант;
И. В. Вершок, студентка; И. М. Жарский, профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ ЛЬНЯНОГО МАСЛА ИЗ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

In this article results of the analysis antioxidation status of flaxseeds different kinds with the help of methods of an assessment of the contents of unsaturated fatty acids, TBA-активные products and a thermal analysis in conditions sympathetic on reaction Fentone peroxidation of lipids are submitted.

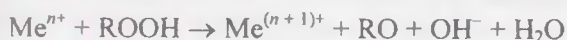
Окисление липидов протекает как в живых клетках (*in vivo*), так и при хранении выделенных липидов (*in vitro*). Эти соединения легко подвергаются окислению и гидролитической деградации. В процессе метаболизма в клетках зрелых организмов постоянно образуются активные формы кислорода, которые при их избытке либо при нарушении работы защитных систем могут оказывать токсическое действие и приводить к окислительному повреждению тканей и органов. Активные формы кислорода, такие как супероксид-анион-радикал, гидроксильный радикал, гидроперекисный радикал, синглетный кислород, являются высокореакционными соединениями, способными взаимодействовать с ненасыщенными жирными кислотами липидов. Этот процесс носит название перекисного окисления липидов (ПОЛ). В результате реакций ПОЛ образуется широкий спектр продуктов – промежуточные (алкильные, алкоксильные, перокси-радикалы, гидропероксиды), вторичные (эпоксиды, эндопероксиды, конъюгированные диены и триены, карбонильные соединения) и конечные (продукты рекомбинации радикалов, аддукты альдегидов с биополимерами, спирты, простые эфиры, углеводороды). В норме процесс ПОЛ находится под строгим контролем, в первую очередь ферментных систем клетки.

Биосинтез ферментов антиоксидантной защиты клетки генетически детерминирован. В связи с этим представлялось целесообразным изучить устойчивость к индуцированному ПОЛ семян масличного льна семи разных сортов: Atalante, Gold Flax, McGregor, Flanders, Mivast, Su-1-10, Небесный, отличающихся жирнокислотным составом липидов и содержанием токоферолов.

Реакцию ПОЛ в семенах индуцировали по реакции Фентона:



или



Основным критерием накопления продуктов ПОЛ в семенах льна масличного был выбран малоновый диальдегид и другие продук-

ты, взаимодействующие с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Также осуществляли анализ изменения жирнокислотного состава липидов в семенах с индуцированным ПОЛ. В связи с различной локализацией в семенах липидов и антиоксидантов изучали как цельные семена, так и отдельно семядоли, подвергшиеся индуцированному ПОЛ.

Следует отметить, что уменьшение процентного содержания жирных кислот в большей степени наблюдается в целых семенах, чем в окисленных семядолях, что свидетельствует о более высокой удельной антиоксидантной защите в семядолях. Основными антиоксидантами в семенах льна масличного являются токоферолы, которые локализованы главным образом в семядолях.

Кислотой, подвергшейся окислению в большей степени, является С 18:3 кислота. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1
Изменение процентного содержания С 18:3
кислоты в окисленных семядолях
и в окисленных целых семенах

Название сорта семян льна масличного	Уменьшение процентного содержания С 18:3 кислоты, %	
	в окисленных семядолях	в окисленных целых семенах
Atalante	4,60	9,59
McGregor	0,52	5,06
Небесный	5,12	4,97
Flanders	8,50	11,65
Mivast	8,37	9,84
Su-1-10	5,65	8,48

Для изменения удельного содержания кислоты С 18:3 наблюдается следующая зависимость: чем больше ее окислилось в семядолях, тем больше и в целых семенах. В связи с тем, что окислилось удельное содержание С 18:3 кислоты у сорта Gold Flax незначительное, ПОЛ практически ее не затрагивает. Однако для это-

го сорта наблюдается максимальное уменьшение удельного содержания С 18:2 кислоты (около 10%), превышающее в несколько раз аналогичный показатель у остальных сортов.

Для оценки глубины протекания ПОЛ в семядолях и цельных семенах, подвергнутых индуцированному окислению, измеряли уровень ТБК-активных продуктов. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2
Значение экстинкций продуктов реакции с ТБК в семядолях и семенах, подвергнутых индуцированному ПОЛ

Сорт льна масличного	E ₅₃₂ продуктов реакции с ТБК	
	в семядолях	в семенах
Atalante	0,568	0,926
McGregor	0,561	0,830
Небесный	0,484	0,963
Flanders	0,365	1,352
Mivast	0,443	1,191
Su-1-10	0,414	1,172
Gold Flax	0,118	0,161

Как видно из представленных результатов, наиболее интенсивному ПОЛ подверглись целые семена, причем у сорта Gold Flax отмечена очень слабая индукция как в семядолях, так и в целых семенах. Анализ результатов, представленных в табл. 1 и 2, позволяет сделать вывод, что ТБК-активные продукты ПОЛ преимущественно образуются из С 18:3 кислоты, продуктами же перекисного окисления С 18:2 кислоты являются другие, ТБК-неактивные, вещества.

Проведенные нами ранее исследования по термоокислительной деструкции компонентов семян и семядолей показали возможность идентификации и количественной оценки этих

компонентов у различных сортов льна. В связи с этим мы попытались оценить интенсивность ПОЛ с помощью метода термогравиметрии. Результаты расчета энергии активации реакции термоокислительной деструкции липидов.

Таблица 1
Энергии активации реакции термоокислительной деструкции липидов в семядолях и семенах льна масличного

Название сорта льна масличного	Энергия активации E _a , кДж/моль
Atalante (ц)	53
Gold flax (ц)	49
McGregor (ц)	57
Небесный (ц)	52
Flanders (ц)	60
Mivast (ц)	54
Atalante (с)	61
Gold flax (с)	66
Atalante (с) (не окисленный)	86

Примечание. с – семядоли; ц – цельные семена.

Для семян, не подвергнутых ПОЛ, энергии активации реакции термоокислительной деструкции липидов лежит в пределах 70–95 кДж/моль, тогда как у семян, подвергнутых окислению, этот показатель существенно ниже.

Таким образом, проведенные нами исследования показали возможность оценки антиоксидантного статуса семян льна масличного (вероятно, и других биологических объектов) в условиях индуцированного по реакции Фентона ПОЛ как классическими методами (содержание ненасыщенных жирных кислот и ТБК-активных продуктов), так и методом термического анализа.