

Г. О. АКОПЯН

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКОФЕРОЛОВ В РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ, ДЛИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ И ХРАНЕНИЯ

Вопросу об изменении содержания витамина Е (токоферолов) в период хранения и в зависимости от способа сушки зеленого растительного сырья посвящено незначительное количество работ, поэтому нами проведены наблюдения над устойчивостью витамина Е в кормовых растениях.

Настоящее сообщение является разделом работы по исследованию Е-витаминности кормовых растений Армении, проводимого в Лаборатории растительных ресурсов Ботанического института АН АрмССР под руководством доктора биолог. наук С. Я. Золотницкой.

Значение обеспеченности кормовых рационов витамином Е (известного также под названием антистерильного витамина) для животноводства очень велико. Токоферолы играют весьма важную роль в процессах обмена веществ живого организма. Недостаток или отсутствие их в организме человека и животных, как известно, приводит к серьезным функциональным расстройствам и заболеваниям.

Исследования показали, в частности, что одной из главных причин низкой плодовитости сельскохозяйственных животных является недостаток витамина Е. Так, авитаминозные куры несут бесплодные яйца, крупный рогатый скот, лошади, овцы, свиньи приобретают склонность к абортам или же становятся бесплодными. Употребление препаратов витамина Е в ветеринарной практике дает положительный эффект в борьбе с яловостью животных. Токоферолы нашли также применение в промышленности как антиоксиданты (Захарова [1], Шипалов и Бурнашева [3], Харрис [5]).

Токоферолы синтезируются только растениями, которые продолжают практически оставаться основным источником витаминов группы Е для человека и животных. Поэтому изучение биосинтеза и характера накопления витамина Е в кормовых растениях и более рациональное использование последних в кормлении животных будут способствовать поднятию продуктивности животноводства. Огромное большинство кормовых трав используется в виде сена, поэтому нами проведены наблюдения по влиянию различных способов сушки; солнечной, тепловой и теневой на содержание витамина Е в растениях.

Опыты были поставлены с листьями кукурузы, собранной в фазе восковой спелости и наземной частью клевера красного, собранного в фазе цветения.

Сумма токоферолов определялась видоизмененным методом Эмери и Энгеля с предварительным очищением экстрактов хроматографическим методом. Содержание не  $\alpha$ -токоферолов устанавливалось интродозным способом по Леману [6].

Уже к концу первого дня листья кукурузы обнаружили резкую разницу по содержанию витамина Е в зависимости от способа сушки (табл. 1).

Солнечная сушка значительно увеличила (131%) содержание токоферолов по сравнению с контролем (свежесобранными растениями), причем преимущественно за счет  $\alpha$ -токоферола. Подобные результаты получены Савиновым и сотруд. [7], показавшие, что после термической обработки масел содержание токоферолов увеличивается от 16 до 72% от исходного количества. При теневой сушке содержание суммы токоферолов существенно не изменялось, однако устанавливается иное соотношение  $\alpha$ - и не  $\alpha$ -токоферолов за счет увеличения количества не  $\alpha$ -токоферолов. Исходная влажность листьев кукурузы, составлявшая у свежесобранных листьев 65,9%, снизилась к концу первого дня у растений солнечной сушки до 9,7%, при теневой до 11,9%.

Для клевера отмечается резкое уменьшение суммы токоферолов как при солнечной (на 42%), так и при теневой сушке (на 55%); особенно падает содержание  $\alpha$ -токоферола (до 83%) при солнечной сушке. Аналогичное уменьшение токоферолов (а также каротина) под влиянием продолжительной солнечной сушки отмечалось и в недавно опубликованной статье Чаркей с соавтор. [4], с которой мы имели возможность ознакомиться при сдаче нашей работы в печать.

При теневой сушке к концу первого дня  $\alpha$ -токоферол анализом не обнаруживался, хотя в последующие дни отмечается его наличие. В то же время наблюдается возрастание количества  $\alpha$ -токоферолов от 71 до 91% при солнечной и от 71 до 100% при теневой сушке.

Исходная влажность наземной части клевера, составлявшая у свежесобранных растений 76,6%, к концу первого дня солнечной сушки снизилась до 27,3%, при теневой — до 65,9%.

В других опытах исследовалось влияние продолжительности способов сушки и хранения на содержание токоферолов в растениях. Результаты приведены в табл. 2 и 3.

Из данных табл. 2 видно, что хотя шестичасовая солнечная сушка и увеличивает содержание витамина Е, но дальнейшее хранение на солнце приводит к резкому уменьшению суммы токоферолов; в анализе, сделанном 108 часов спустя, токоферолы не были найдены.

Двадцатичетырехчасовое пребывание под солнцем приводит к исчезновению  $\alpha$ -токоферола, группа не  $\alpha$ -токоферолов обнаруживается в весьма малом количестве еще после 60 часов солнечного освещения. И в данном случае наблюдается повышение удельного веса не  $\alpha$ -токоферолов, что с некоторой долей вероятности может быть отнесено за счет перехода  $\alpha$ -токоферола в менее насыщенные метильными группами соединения токола. По клеверу красному также (с неболь-



Таблица 3

Влияние продолжительности теневой сушки, хранения на содержание и динамику токоферолов в растениях (на абсолютно-сухой вес)

Условия сушки и сроки хранения	Дата анализа	К у к у р у з а (листья)						Клевер красный (наземная часть)					
		сумма токоферолов		α-токоферол		не α-токоферолы		сумма токоферолов		α-токоферол		не α-токоферолы	
		в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %
Свежесобранные растения . . . . .	22.IX 1960	59,7	100	39,0	100	20,7	100	14,8	100	4,2	100	10,6	100
Хранившиеся в тени на воздухе 1 сутки . . .	23.IX 1960	59,7	100	38,2	98	21,5	103	6,7	45	не обн.	не обн.	6,7	62
Хранившиеся в тени на воздухе 4 суток . . .	26.IX 1960	70,6	118	54,3	138	16,3	78	19,5	131	12,3	284	7,2	68
Хранившиеся в тени на воздухе 11 суток . . .	3.X 1960	44,6	74,7	19,3	49	25,3	122	14,6	97	5,6	132	9,2	219
Хранившиеся в тени на воздухе 20 суток . . .	11.X 1960	42,8	71,7	37,3	96	5,5	26	7,7	52	0,06	1,4	7,6	72
Хранившиеся в тени на воздухе и в комнате 50 суток . . . . .	3.XI 1960	33,7	58	20,0	51	13,7	66	14,3	97	13,0	309	1,3	12

Таблица 4

Влияние тепловой сушки на содержание токоферолов (на абсолютно-сухой вес)

Варианты опыта	влажность в %	Кукуруза (листья)						Клевер красный (наземная часть)						
		сумма токоферолов		α-токоферол		не α-токоферолы		сумма токоферолов		α-токоферол		не α-токоферолы		
		в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	
Свежесобранные растения . . . . .	64,15	15,6	100	2,4	100	13,2	100	78,8	19,9	100	4,8	100	15,1	100
Сушка тепловая при t 45°C в течение 12 ч.	10,5	19,9	127	2,1	87	17,8	134	5,2	6,0	30	не обн.	не обн.	6,0	39

шими колебаниями) имеет место снижение токоферолов. Так как сушка клевера протекала более медленно, чем листьев кукурузы, на 4 день, при влажности 10,54% и здесь отмечается относительное увеличение содержания  $\alpha$ -токоферолов (37% от суммы) и заметное повышение удельного веса не  $\alpha$ -токоферолов (63%). Как видно из табл. 3, хранение в тени на воздухе, при отсутствии прямого солнечного освещения, приводит к значительному повышению содержания суммы и главным образом  $\alpha$ -токоферола у растений. Длительное хранение в тени (10, 20, 50 дней) значительно усиливало потерю суммы токоферолов.

Аналогичные результаты получены по каротину Г. М. Луцевской и Б. Г. Савиновым [2]. Содержание токоферолов при однодневной солнечной и 4-дневной теневой сушке увеличивалось, по-видимому, за счет расщепления связанных с белком или липоидами токоферолов.

Кроме солнечной и теневой сушки, нами проведены также опыты по влиянию тепловой сушки на содержание витамина Е (табл. 4). Из данных табл. 4 видно, что при тепловой сушке ( $t=45^{\circ}\text{C}$  в течение 12 ч.) содержание суммы токоферолов по сравнению с контролем увеличивается до 127%, причем преобладает группа не  $\alpha$ -токоферолов.

Таким образом, тепловая сушка листьев кукурузы по выходу суммы токоферолов значительно превышает теневую, почти не отличается от солнечной, хотя и заметно уступает ей по содержанию  $\alpha$ -токоферола. Влажность свежесобранных листьев кукурузы, составлявшая 64,15%, снизилась при тепловой сушке до 10,5%.

Для клевера при тех же условиях отмечается резкое уменьшение суммы токоферолов, до 70% от первоначального количества, особенно падает содержание  $\alpha$ -токоферола (до его полного исчезновения), в то же время наблюдается возрастание удельного веса группы не  $\alpha$ -токоферолов. Исходная влажность клевера, составлявшая 78,5%, у свежесобранных растений снизилась до 5,2%.

При изучении (по гербарным экземплярам) изменения содержания витамина Е для нескольких видов растений в связи со сроками хранения также установлено возрастание содержания токоферолов в течение первых 15 дней (что, как и в предыдущем случае, вероятно, следует отнести за счет перехода связанных токоферолов в свободную форму) и затем последующее их уменьшение (табл. 5).

На основании сказанного возможны следующие выводы:

1. Способ сушки существенно влияет на содержание токоферолов в растениях.

2. Однодневная солнечная сушка значительно повышает содержание токоферолов у кукурузы, по-видимому, за счет быстрого расщепления связанных с белками или липоидами токоферолов. Длительная солнечная сушка резко снижает содержание токоферолов и под конец ведет к полному их исчезновению.

3. При 4-дневной теневой сушке содержание токоферолов повышается преимущественно за счет  $\alpha$ -токоферола. Дальнейшее хранение приводит к значительной потере витаминов.

Изменение содержания витамина Е в гербарных экземплярах растений в зависимости от сроков хранения (на воздушно-сухой вес)

Название растений	Свежесоб- ранные ра- стения		Сроки хранения в днях					
			15		55		546	
	Сумма токоферолов							
	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %	в мг %	в %
<i>Dactylis glomerata</i> L. Ежа сборная	3,5	100	4,9	136	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Agropyrum cristatum</i> (L.) Gaerten. Пырей гребенчатый	7,3	100	11,4	156	6,4	8,7	не обн.	не обн.
<i>Trifolium pratense</i> L. Клевер луговой	6,2	100	2,9	44	6,4	103	3,7	57
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Dsr. Донник лекарственный	8,5	100	12,5	147	15,7	182	5,1	60

4. При тепловой сушке в листьях кукурузы ( $t=45^{\circ}\text{C}$  в течение 12 ч.) отмечается возрастание содержания токоферолов, близкое по величине к имеющим место при солнечной сушке. Однако соотношение  $\alpha$ -токоферола и группы не  $\alpha$ -токоферолов различное, так как при тепловой сушке наблюдается пониженное содержание  $\alpha$ -токоферола.

5. Различная динамика токоферолов в процессе солнечной сушки (по сравнению с тепловой и теневой) возможно свидетельствует о влиянии не только теплового фактора, но и спектрального состава света.

6. Наилучшим способом сушки, обеспечивающим наибольшее содержание токоферолов в растениях, является 4-дневная теневая, однодневная солнечная и тепловая сушка.

Ботанический институт  
АН АрмССР

Поступило 26. XI 1961 г.

#### Գ. Ն. ՀԱԿՈՐՅԱՆ

ՏՈԿՈՖԵՐՈՒՆԵՐԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՓՈՓՈՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲՈՒՅՍԵՐՈՒՄ՝  
ԿԱՆՎԱԾ ՉՈՐԱՅՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻՑ, ՏԵՎՈՂՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ԵՎ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ  
ԺԱՄԿԵՏԻՑ

#### Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ուսումնասիրվել է տոկոֆերոլների պարունակության փոփոխությունը բույսերում՝ կախված չորացման եղանակներից, տևողությունից և պահպանման ժամկետից:

Հետազոտություններից պարզվել է հետևյալը.

1. Բույսերում տոկոֆերոլների պարունակության վրա զգալիորեն ազդում են շորացման եղանակները:

2. Եգիպտացորենի տերևները արևի տակ մեկ օր շորացնելու դեպքում նրանցում տոկոֆերոլների պարունակությունը մեծանում է, հավանաբար ի հաշիվ սպիտակուցների կամ լիպոֆիլների հետ կապված տոկոֆերոլների արագ նեղքման: Արևի տակ երկար շորացնելու դեպքում, բույսերում տոկոֆերոլների պարունակությունը խիստ նվազում է և ի վերջո անհետանում:

3. Բույսերն ստովերում շորս օր շորացնելու դեպքում, տոկոֆերոլների պարունակությունը բարձրանում է, հատկապես ի հաշիվ  $\alpha$ -տոկոֆերոլի, իսկ  $\alpha$ -տոկոֆերոլի երկար շորացնելու դեպքում տեղի է ունենում վիտամինների զգալի կորուստ:

4. Եգիպտացորենի տերևներում ջերմային շորացման ( $-45^{\circ}\text{C}$ , 12 ժամ) ժամանակ նկատվում է տոկոֆերոլների պարունակության բարձրացում, սակայն  $\alpha$ -տոկոֆերոլի և ոչ  $\alpha$ -տոկոֆերոլների խմբի հարաբերակցությունը տարբեր է, քանի որ ջերմային շորացման դեպքում նկատվում է  $\alpha$ -տոկոֆերոլի պարունակության նվազում:

5. Տոկոֆերոլների դինամիկայի տարրերությունը արևի տակ շորացնելու պրոցեսում (համեմատած ջերմային և ստովերային շորացման հետ), ըստ երկվայթին, պայմանավորված է ոչ միայն ջերմային գործոնի ազդեցությամբ, այլև արևի սպեկտրի բաղադրությամբ:

6. Չորացման ամենալավ եղանակը, որի ժամանակ բույսերի մեջ պահպանվում է տոկոֆերոլների ամենաբարձր քանակը, հանդիսանում է շորս օր ստովերում, մեկ օր արևի տակ և ջերմային շորացումը:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Захарова М. П. Труды Всесоюзн. н.-иссл. витамин. ин-та, 163—166, 5, 1954.
2. Лушевская Г. М. и Савинов Б. Г. Каротин в зеленых частях некоторых дикорастущих растений УССР. Витамины, т. 1, 130, Изд. АН УССР, 1953.
3. Шипалов М. С. и Бурнашева С. А. Журн. Биохимия, т. 20, вып. 2, 236, 1955.
4. Charkey L. W., Pyke W. E., Kano Adeline, Carlson R. E. J. Agric. and Food Chem., 9, 1, 70—77, 1961.
5. Harris R. S. The Tocopherols. The Vitamins, v. III, New-York, 1954.
6. Lehman R. N., Vitamin E. Meth. of Bloch. analysis, v. 2, 1954.
7. Савинов Б. Г., Лушевская Г. М. и Свищук А. А. Витамины, т. 3, 85, изд. АН УССР, 1958.