

Х. С. ГЕВОРКЯН,
канд. биол. наук

ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПРОЦЕССЕ ХЕРЕСОВАНИЯ ВИНА

Кислоты в сильной степени влияют на вкусовые качества вина, участвуют в процессах этерификации и улучшают букет при его старении; с кислотностью связаны стойкость вина против заболеваний и жизнедеятельность дрожжей. Вина, бедные кислотами, склонны к ожирению, которое появляется в основном при разрушении кислот (молочно-кислое заболевание). В состав кислот входят, главным образом, винная, яблочная, затем лимонная, уксусная, молочная, янтарная и другие. Последние три кислоты являются побочными продуктами спиртового брожения. Повышение кислотности в винах при различных заболеваниях (уксусно-кислое или молочно-кислое брожение), или недостаточная кислотность, вследствие кислотопонижения, нарушают гармоничность вина. Для вина наиболее важной является винная кислота. При выдержке вин отмечается снижение винной кислоты, главной причиной чего является выпадение ее в виде нерастворимой соли виннокислого калия. А. К. Родопуло (1951) находит, что винная кислота в аэробных условиях может окисляться через дикетоянтарную до глиоксалевой, затем до щавелевой кислоты, которая ухудшает качество вина.

Образование лимонной кислоты связано с процессами дыхания микроорганизмов. По Буткевичу В. С. (1939), при доступе молекулярного кислорода в процессе дыхания из са-

хара путем конденсации уксусной кислоты через яблочную образуется лимонная кислота.

По данным Фостера Д. (1950), лимонная кислота образуется из сахара через пировиноградную кислоту. По Рибера-Гайон Ж. (1956), установлено, что существуют бактерии, которые разрушают лимонную кислоту и увеличивают количество летучих кислот в такой степени, в какой уменьшается количество лимонной кислоты.

Из двухосновных кислот вина янтарная кислота является наиболее характерной. По данным некоторых исследователей, она накапливается главным образом в результате окисления спирта некоторыми микроорганизмами и грибами в уксусную кислоту, затем из уксусной кислоты путем конденсации превращается в янтарную.

Некоторые исследователи источником образования янтарной кислоты считают аспарагин. Дрожжи при помощи редуктазы переводят его в яблочную, затем в янтарную кислоту.

Эрлих в 1909 году и В. С. Кретович (1952) доказали образование янтарной кислоты при алкогольном брожении путем дезаминирования глютаминовой кислоты.

По данным Л. Цанотти (1929), янтарная кислота участвует в процессе этерификации (этиловый эфир янтарной кислоты) вина. Одновременно содержание янтарной кислоты с возрастом вина повышается.

Уксусная кислота образуется при алкогольном брожении и уменьшается при выдержке на дрожжах.

Кетокислоты также считаются характерными для вина. Они являются важными компонентами, участвующими в биохимических реакциях, протекающих при формировании и выдержке вина. Из кетокислот вина более важной является пировиноградная кислота, как результат алкогольного брожения.

Изменение кислот особенно находит место в процессах хересования вина.

Под ферментативным действием хересной пленки в вине происходит значительное снижение кислот (летучих и нелетучих). М. А. Ховренко и Б. И. Бабенко (1925) изучили влияние кислот на размножение клеток микроорганизма.

М. А. Тер-Карапетян (1953) изучал значение органических кислот для развития хересной пленки на вине, образования ацетальдегида и других соединений в процессе хересования.

Сущность процессов кислотопонижения и хересования еще недостаточно изучена. Крюсс и Подгорный в 1939 году установили значительное снижение летучих кислот вина хересной пленкой. Они доказали, что при помощи хересной пленки можно удалить из вина запах и вкус сероводорода, плесени и др. («Виноделие и виноградарство СССР», 1945). Саенко Н. Ф. (1943, 1945), изучая биохимические свойства хересных дрожжей, также приходит к выводу, что пленка их резко снижает содержание уксусной кислоты. Основываясь на этой способности, автор приходит к выводу, что при помощи хересной пленки можно излечить различные болезни вина. Вино под пленкой становится прозрачным, исчезают дефекты вкуса и ряд нежелательных явлений.

Н. Ф. Саенко (1947), изучая изменение органических кислот в искусственных средах, устанавливает, что хересные дрожжи хорошо усваивают виннокислую соль, уксусную и молочную, слабо-яблочную и янтарную кислоты.

Однако о количественном содержании отдельных органических кислот, входящих в состав комплекса кислот виноградного сусла и вина и их превращений, имеется очень мало сведений:

Мы поставили целью изучить процессы изменения отдельных органических кислот при хересовании вин и провести исследования для выяснения процессов превращения органических кислот хересными дрожжами*.

По изучению изменений органических кислот в процессе хересования опыты проводились на сорте Воскеат из Аштаракского района в лабораторных условиях в трехлитровых колбах, заполненных на $\frac{2}{3}$ при постоянной температуре 18—20° С. Посев дрожжей производили чистой культурой 20/96° С. Продолжительность опыта 140 дней. Опыты ставились в следующих вариантах:

* Работа выполнена под руководством канд. хим. наук С. О. Сапонджян.

1. Колбы после посева закрывали корковыми пробками и заливали парафином, т. е. создавались анаэробные условия.

2. Колбы после посева закрывали ватными пробками, а затем после образования пленки — корковыми и заливали парафином — полуаэробные условия.

3. Колбы после посева закрывали ватными пробками, т. е. создавались аэробные условия, как при получении хереса на производстве.

Микробиологическое наблюдение за ходом развития пленки показало, что в аэробных условиях она развивается быстрее. Пленка была густая, сплошная. В полуаэробных условиях, после создания анаэробных условий, развитие пленки ослабело. В этом случае, как и в анаэробных условиях, она была тонкая, сплошная, а в полуанаэробных условиях она образовалась через 18 дней.

В течение опыта пробы отбирались и для химических исследований. Определение органических кислот проведено работанными нами методами (С. О. Сапонджян и Х. С. Геворкян, 1956, Х. С. Геворкян, 1958, 1960).

Данные опыта приводятся в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в процессе хересования отмечается повышение количества альдегидов, ацеталей и эфиров. Наибольшее количество их обнаруживается в анаэробных и полуанаэробных условиях. В аэробных, вследствие глубокого окисления составных частей вина и потери легколетучих компонентов, в конце хересования обнаруживается небольшое количество альдегидов, ацеталей, эфиров (Сапонджян С. О., Геворкян Х. С., 1954). Количество спирта наиболее уменьшается также в аэробных условиях. В процессе хересования отмечается снижение титруемых и летучих кислот, в том числе отдельных органических кислот. Соответственно повышается значение рН.

Количество винной кислоты во всех вариантах в первый период образования пленки сильно снижается. Больше всего оно снижается в аэробных вариантах, где имеется постоянный доступ кислорода воздуха и энергичное развитие пленки. Уменьшение винной кислоты могло быть также результатом расходования ее на жизнедеятельность дрожжей. А. К. Родопуло (1951) находит, что винная кислота, благодаря фермен-

**Изменение
химического состава вина при хересовании**

Варианты	Условия опыта	Дата от- бора проб	Кислоты г/л					pH	Аль- дегид- ды		Аце- тали		Средн. мг/л спирты	Спирт град.
			тигус- мис	летучие	винная	яблоч- ная	молоч- ная		лимон- ная	мг/л	мг/л			
I	Исходное вино	30.III	4,46	1,0	1,6	1,48	1,32	67	74	10	118	15,6		
		30.IV	4,08	0,66	1,42	1,22	0,85	86	304	89	249	15,4		
		2.VI	3,96	0,63	1,08	1,2	0,80	105	497	213	264	15,3		
		4.VII	3,40	0,63	1,02	1,22	0,75	113	498	234	284	14,7		
		20.VIII	3,20	0,61	0,88	1,20	0,64	87	476	252	304	14,5		
II	Полуаэробные	30.IV	4,0	0,66	1,48	1,28	0,90	98	395	77	262	15,3		
		2.VI	3,83	0,47	1,17	1,18	0,70	102	440	140	284	15,2		
		4.VII	3,43	0,58	1,08	1,15	0,71	111	497	149	288	14,5		
		20.VIII	3,21	0,56	0,83	1,10	0,68	181	577	232	301	14,4		
		30.IV	4,05	0,51	1,35	1,21	0,90	91	324	77	236	15,0		
III	Аэробные	2.VI	3,56	0,68	0,92	1,21	0,57	116	448	174	318	14,8		
		4.VII	2,77	0,43	0,82	1,18	0,48	113	562	169	298	13,1		
		20.VIII	2,65	0,45	0,78	1,08	0,42	92	328	189	267	12,4		

тативным действиям комплексных солей тяжелых металлов винной и щавелевой кислот, легко окисляется в диоксималениновую кислоту, которая улучшает качество вина. В процессе хересования также возможно образование диоксималениновой кислоты, но этот вопрос требует дальнейшего исследования. Снижение винной кислоты происходит также вследствие выпадения виннокислых солей в осадок. Для выяснения участия органических кислот в жизнедеятельности дрожжей нами был исследован осадок, образующийся на дне опытных колб. Анализ осадка показал наличие в нем винной кислоты. При учете баланса содержания винной кислоты выясняется, что она усваивается дрожжами, причем в аэробном условии больше (51,2%), чем в полуаэробном (39,4%) и анаэробном (34%).

Таблица 2

Б а л а н с
винной и яблочной кислоты при хересовании (в г)

Варианты	Условия опыта	Винная кислота					Яблочная кислота		
		в исходн. винноматериале	после хересования	обнаружено в осадке	усвоено дрожжами	в исходн. винноматериале	после хересования	обнаружено в осадке	усвоено дрожжами
I	Анаэробные	2,38	1,32	0,25	0,81	2,22	1,8	0,16	0,26
II	Полуаэробные	2,38	1,21	0,22	0,95	2,22	1,65	0,14	0,43
III	Аэробные	2,38	0,97	0,19	1,22	2,22	1,62	0,086	0,51

В процессе хересования отмечается также снижение яблочной кислоты. Яблочная кислота неустойчива к биохимическим процессам и подвергается существенным изменениям при хересовании вин.

Как видно из таблицы 2, снижение яблочной кислоты связано с жизнедеятельностью дрожжей и аналогично винной происходит в начале процесса хересования, т. е. в период размножения дрожжей в дальнейшем, в анаэробных и полуанаэробных вариантах почти не изменяется.

Количество молочной кислоты во всех вариантах в конце хересования, подобно винной и яблочной, больше всего сни-

жается в аэробных условиях. Осадкамолочной кислоты при исследовании не обнаруживалось. В основном кислота участвует в жизнедеятельности дрожжей. Иная картина получается в случае лимонной кислоты. В начале процесса хересования количество лимонной кислоты повышается, затем несколько понижается. Рост лимонной кислоты, главным образом, можно приписать сахару, находящемуся в исходном виноматериале.

Изучение изменения органических кислот при брожении сусла Воскеат хересными дрожжами (20/96 С) также показало способность этих дрожжей снизить количество винной и яблочной кислот и повысить лимонную и янтарную кислоты (табл. 3).

Таблица 3

Изменение
кислот при брожении сусла дрожжами 20/96

Наименование образца	Дата анализа	Кислоты г/л						
		титруе- мое	летучие	молоч- ная	винная	яблоч- ная	лимон- ная	янтар- ная
Сусло Воскеат	10/X	5,68	0	0	3,84	1,52	0,095	0,148
То же после брожения	15/XI	5,48	0,45	0,58	1,83	1,34	0,144	0,242

А. К. Родопуло (1956) находит, что винные дрожжи при брожении могут синтезировать лимонную кислоту из янтарной и уксусной через щавелево-уксусную.

Но установлено, что лимонная кислота легко разрушается грибами и бактериями при выдержке вина и уменьшается. Уменьшение лимонной кислоты в процессе хересования происходит под действием хересных дрожжей. Анализ осадка показал также наличие лимонной кислоты в количестве от 48 до 56 мг (от 7 до 7,2 г/п осадка).

Изучение изменения янтарной кислоты при хересовании вина проводили в двухлитровых колбах, наполненных на $\frac{2}{3}$. Данные химических исследований приводятся в таблице 4.

Как видно из таблицы, количество янтарной кислоты, подобно лимонной, в начале хересования повышается. Рост ее

Изменение
химического состава в процессе хересования

Химические компоненты		Исходный виномате- риал	То же в процессе хересо- вания			
		5/XII	20/XII	5/II	15/III	
Кислоты	Титруемые	в г/л	4,88	3,84	3,64	3,78
	Летучие	в г/л	0,58	0,27	0,24	0,39
	Винная		0,89	0,76	0,67	0,67
	Яблочная		1,38	1,31	1,24	1,09
	Молочная		1,39	0,90	0,62	0,52
	Янтарная		0,219	0,239	0,312	0,229
	Сахар г/л	в мг/л	1,52	1,48	1,28	1,1
	Лимонная Кислоты		63	83	181	108
	Альдегиды		103	616	650	690
	Ацетали		57	160	174	216
	Спирт (в об/о/о)		14,9	13,8	—	13,5

за два месяца составляет 56,10%, затем через 40 дней под пленкой количество янтарной кислоты снижается на 32,70%. Увеличение янтарной кислоты можно представить как результат окисления спирта до уксусной кислоты, затем переход из уксусной в янтарную путем конденсации. Отдельные модельные опыты подтвердили образование янтарной кислоты из уксусной. Превращение уксусной кислоты в янтарную путем конденсации подтверждается также работами А. К. Родопуло (1956). Снижение янтарной кислоты главным образом связано с процессом дыхания дрожжей; эта кислота может участвовать также в процессе этерификации.

Превращение пировиноградной кислоты в процессе хересования

Образование альдегидов в процессе хересования хересными дрожжами, по мнению Н. Н. Простосердова (1944), можно рассматривать как ферментативный процесс без участия кислорода воздуха, за счет кетокислот.

Изучение роли кетокислот в образовании альдегидов проводили в двухлитровых колбах, заполненных на $\frac{2}{3}$ вином: перед посевами штаммов 20/96 С при постоянной температуре 18—20° С была внесена пировиноградная кислота — 0,3—0,4 г/л. После образования пленки через каждые 15 дней проводили ее химические исследования. Опыты продолжались два месяца. Данные приведены в таблице 5.

Таблица 5

Изменение химического состава вина в присутствии пировиноградной кислоты при хересовании

Наименование образцов	Дата отбора проб	Титруемые кислоты	Летучие кислоты	Сумма кетокислот	Альдегиды	Ацеталь	Общее к-во альдегидов	Спирт об. %
Исходное вино	15/IV	5,85	0,72	0,105	75	35	95	15,2
То же в процессе хересования	13/V	4,72	0,44	0,082	440	164	501	14,4
	30/V	4,18	0,32	0,077	490	189	550	14,2
Исходное вино + пировиноградная кислота	15/VI	3,75	0,24	0,062	518	224	602	13,9
	15/IV	6,42	0,72	0,398	75	35	95	15,2
То же в процессе хересования	13/V	5,7	0,48	0,236	535	213	613	14,4
	30/V	4,65	0,40	0,170	685	242	783	14,2
	15/VI	4,20	0,26	0,155	757	269	846	13,9

Как видно из таблицы, в исходном вине в процессе хересования количество пировиноградной кислоты понижается. Там, где была внесена пировиноградная кислота, общее количество альдегидов в конце опыта получилось на 245 мг/л больше, чем в контрольном образце без пировиноградной кислоты.

Следует отметить, что в течение опыта снижение спирта, который окисляется в уксусный альдегид, в обоих случаях составляет 1,3 об.%. Это говорит о том, что пировиноградная кислота при воздействии на нее хересных дрожжей превращается в уксусный альдегид.

Превращение органических кислот под воздействием хересных дрожжей. Нами проводились модельные опыты с чистыми препаратами винной, яблочной, янтарной, лимонной, уксусной и молочной кислот штаммами чистых культур дрожжей 20/96 С в двухлитровых колбах, заполненных на $\frac{2}{3}$, при постоянной температуре 18—20° С. Продолжительность опыта — два месяца.

Заранее зная, что хересные дрожжи в питательной среде Бейеринка с прибавкой кислот развиваются плохо, мы поступили следующим образом: после образования пленки находящееся под пленкой вино сливали из колбы, затем пипеткой в ту же колбу вливали питательную среду Бейеринка. При этом пленка вновь поднималась вверх.

В питательной среде в определенном количестве предварительно растворены и анализированы отдельные органические кислоты.

Таблица 6

**Изменение
кислот под воздействием хересных дрожжей
20/96С**

Наименование кислот	Количество кислот г/л			Уменьшение кислот через 2 месяца %
	в начале опыта	через месяц	через 2 месяца	
Винная	1,5	1,10	0,82	45,1
Яблочная	1,0	0,37	0,32	68,0
Лимонная	0,5	0,289	0,22	56,0
Молочная	1,92	0,48	0,32	83,8
Уксусная	2,5	0,40	0,28	88,8
Янтарная	1,0	0,90	0,82	18,0

Из таблицы 6 видно, что снижение кислот в течение опыта больше всего наблюдается в первый месяц. Хересные дрожжи потребляли преимущественно уксусную и молочную кислоты, затем яблочную, лимонную и винную, меньше всего янтарную.

В контрольных образцах с пленкой и питательной средой, без добавления кислот, в начале и в конце опыта исследуемые кислоты не обнаружены. Контрольные образцы с прибавкой кислот, но без пленки остались без изменений. В конце опыта в колбах с уксусной кислотой хроматографическими анализами обнаружено наличие янтарной кислоты.

В опытных колбах с винной и яблочной кислотами под влиянием хересной пленки в течение опыта обнаружена молочная кислота; так, например, в опытной колбе с яблочной кислотой ее было 16,7 мг/л, в опытной колбе с винной кислотой — 69 мг/л. Но в конце опыта количество молочной кислоты несколько уменьшается, очевидно, вследствие дальнейшего окисления.

В Ы В О Д Ы

В процессе хересования вина наряду со снижением трудных и летучих кислот отмечается также снижение отдельных органических кислот, причем больше всего молочной, уксусной, винной, пировиноградной, затем яблочной. Снижение этих кислот наблюдается в основном в начале энергичного развития хересной пленки в аэробных условиях (при постоянном доступе кислорода воздуха). Баланс винной и яблочной кислот в процессе хересования показывает их участие в жизнедеятельности хересных дрожжей. Установлено также участие молочной, лимонной, уксусной кислот в процессе хересования.

Количество янтарной и лимонной кислот в начале процесса хересования повышается, затем при выдержке вина под пленкой количество образовавшейся лимонной и янтарной кислот уменьшается.

Снижение кислот, кроме молочной, происходит также вследствие их частичного перехода в осадок в виде нерастворимой соли, причем в осадке больше всего обнаруживается винная кислота. Снижение же пировиноградной кислоты приводит к образованию уксусного альдегида. При искусственном внесении пировиноградной кислоты в вино в процессе хересования содержание альдегидов возрастает.

Хересные дрожжи в искусственных средах с прибавкой отдельных чистых препаратов органических кислот больше всего поглощают уксусную и молочную кислоты, затем яблочную, лимонную и винную, меньше всего — янтарную. Снижение количества отдельных кислот частично приводит к превращению их в другие кислоты. Предполагается, что при воздействии ферментов хересных дрожжей происходит расщепление винной, яблочной, лимонной, янтарной и молочной кислот на уксусную, затем дальнейшее окисление уксусной кислоты в углекислоты и воду. С другой стороны, уксусная кислота путем конденсации превращается в янтарную кислоту.

Винная и яблочная кислоты частично расщепляются на молочную кислоту, которая затем может окисляться до углекислоты и воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Буткевич В. С. Растительные кислоты, как продукт превращения углеводов грибами. Микробиология, т. 8, 1939, стр. 286.
- «Виноделие и виноградарство СССР». Применение хересной пленки в виноделии, № 8—9, 1945, стр. 42.
- Геворкян Х. С. Методика определения яблочной кислоты в виноградном сусле и винах. Бюллетень научно-технической информации АрмНИИ виноградарства, виноделия и плодоводства, № 3—4, 1958.
- Геворкян Х. С. Методика определения янтарной кислоты в вине. Бюллетень научно-технической информации АрмНИИ виноградарства, виноделия и плодоводства, № 5, 1960.
- Кретович В. С. Основы биохимии растений, стр. 418.
- Простосердов Н. Н. О технологии хереса. «Виноделие и виноградарство СССР», № 4—5, 1944.
- Рибери-Гайон Ж. Виноделие. Преобразование вина и его обработка, 1956.
- Родопуло А. К. Окисление винной кислоты в вине в присутствии солей тяжелых металлов (активирование кислорода железом). Известия АН СССР, серия биол., № 3, 1951, стр. 115.
- Родопуло А. К. О путях превращения органических кислот у винных дрожжей. Известия АН СССР, серия биол., № 2, 1956, стр. 108.
- Саенко Н. Ф. Ускоренный метод приготовления вина типа херес. «Виноградарство и виноделие СССР», № 1—2, 1943.
- Саенко Н. Ф. Исправление больных и дефектных вин при помо-

- ши хересной плески. «Виноделие и виноградарство СССР», № 4, 1945.
- Саенко Н. Ф. Дрожжи хереса. Биохимия виноделия, Сб. 1, стр. 98, 1947.
- Сапонджян С. О., Геворкян Х. С. Потери составных компонентов вина при хересовании. «Виноделие и виноградарство СССР», № 3, 1954.
- Сапонджян С. О., Геворкян Х. С. Определение органических кислот в вине. «Виноделие и виноградарство СССР», № 8, 1956.
- Тер-Карапетян М. А. Биохимические реакции хересования. Биохимия виноделия, сб. IV, стр. 83, 1953.
- Фостер Д. Химическая деятельность грибов, 1950.
- Ховренко М. А., Бабенко Б. И. К исследованию хересного брожения. Сборник, посвященный В. К. Таирову, стр. 392, 1925.
- Цанотти Л. Цит. П. Л. Из специальной литературы: Янтарная кислота и букет вина. Вестник виноделия Украины, № 2, стр. 114, 1929.

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԹԹՈՒՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԳԻՆՈՒ ԽԵՐԵՍԱՅՄԱՆ ՊՐՈՅԵՍՈՒՄ

(Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ)

Գինու խերեսացման ժամանակ, խերեսի փառի ֆերմենտացիվ գործունեության շնորհիվ տեղի է ունենում գինու թթվության, ինչպես տիտրվող, այնպես էլ ցնդող, դրանց թվում առանձին օրգանական թթուների անկում: Զգալի չափով ընկնում են կաթնաթթվի, քացախաթթվի, գինեթթվի, պիրոխաղողաթթվի և խնձորաթթվի քանակները: Այդ թթուների անկումը հատկապես դիտվում է խերեսի փառի առաջացման սկզբնական շրջանում, երբ տեղի է ունենում փառի արագ զարգացում անբոբ պայմաններում:

Գինեթթվի և խնձորաթթվի քանակային հաշվարկման բալանսը ցույց է տալիս, որ այդ թթուները հիմնականում ծախսվում են խերեսի շաքարասնկերի գործունեության ժամանակ: Գինու խերեսացման պրոցեսում մեծ մասնակցություն ունեն նաև կաթնաթթուն և քացախաթթուն: Սաթաթթվի և լիմոնաթթվի քանակը խերեսացման պրոցեսի սկզբնական շրջանում ավելանում է, ապա գինու փառի տակ հետագա պահպանման ժամանակ՝ նվազում: Թթուների անկումը, բացառությամբ կաթնաթթվի, տեղի է ունենում շնորհիվ նաև այն բանի, որ այդ թթուները իրեն անլուծելի աղեր անցնում են գինու նստվածքի մեջ: Ընդ որում՝ ամենից շատ նստվածքում հայտնաբերվում է գինեթթու: Պիրոխաղողաթթուն խերեսացման պրոցեսում փոխարկվում է քացախաթթվական աղի-հիդրի:

Հայտնի է դառնում նաև, որ խերեսի շաքարասնկերը օրգանական թթուների արհեստական միջավայրում՝ ամենից շատ օգտագործում են քացախաթթու և կաթնաթթու, ապա խնձորաթթու, լիմոնաթթու, թթու և գինեթթու, ամենից քիչ սաթաթթու:

Առանձին օրդանական թթուների անկումը տեղի է ունենում նաև այն պատճառով, որ նրանք խերեսացման պրոցեսում փոխարկվում են այլ թթուների: Ենթադրվում է, որ խերեսի փառի ֆերմենտատիվ ազդեցության շնորհիվ գինեթթուն, խնձորաթթուն, լիմոնաթթուն, սաթաթթուն և կաթնաթթուն կարող են փոխարկվել քացախաթթվի, իսկ հետագայում քացախաթթուն կարող է օքսիդանալ, վերածվելով ածխաթթվի և ջրի: Մյուս կողմից քացախաթթուն, կոնդենսացման ճանապարհով, կարող է փոխարկվել սաթաթթվի: Գինեթթուն և խնձորաթթուն մասամբ փոխարկվում են կաթնաթթվի, իսկ վերջինս կարող է նույնպես օքսիդանալ վերածվելով ածխաթթվի և ջրի: