

УДК 633.491:631.563

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ ЛЕТУЧИХ СОЕДИНЕНИЙ

И. М. ЛУКАШЕНКО, Г. А. КАЛИНКЕВИЧ, Е. С. БРОДСКИЙ, Т. П. МОРОЗОВА,
М. В. ХЛЕБНИКОВА, Р. А. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

(Кафедра физической и коллоидной химии)

Предложена методика оценки качества картофеля при хранении по относительному количеству выделяемых летучих продуктов. Качество картофеля характеризуется двумя параметрами: степенью поражения, или общей массой пораженных клубней, определяемой по интенсивности выделения этанола, и глубиной поражения, т. е. стадией процесса гниения, оцениваемой по интенсивности выделения ацетона и метилэтилкетона. Эта методика может быть использована для контроля качества картофеля при его закладке на хранение и в процессе хранения.

Для создания оптимальных условий хранения картофеля и овощей требуется систематический контроль их качества. Проведение такого контроля инструментальными методами может быть основано на определении физических или физико-химических показателей, в частности выделения газообразных продуктов пораженными участками клубней [1, 4]. Газовыделение наблюдается и при хранении здорового картофеля. В начале порчи количество выделяющихся газообразных продуктов значительно возрастает, при этом изменяется их состав. Так, при порче клубней в составе выделяющихся газов появляются ацетон и ацетальдегид, а отношение концентраций этанола и CO_2 становится более 0,10 [3].

Однако на основании непосредственного определения состава газообразных продуктов нельзя составить правильного представления о качестве картофеля, можно лишь фиксировать начало его порчи. Кроме того, абсолютные концентрации отдельных компонентов (или их отношения) зависят не только от состояния картофеля, но и от условий измерений. Для оценки качества картофеля необходимо установить прямую зависи-

мость между количеством и составом выделяемых газообразных продуктов и параметрами, характеризующими качество клубней, причем условия измерений должны быть стандартизованы.

В данной работе была предпринята попытка оценить качество картофеля по выделению летучих продуктов. Для оценки качества клубней нами введены два параметра: степень поражения и глубина поражения картофеля. Степень поражения характеризует общую массу пораженных участков клубней, а глубина поражения — стадию, или развитие, процесса гниения. Эти два параметра могут быть оценены по интенсивности выделения (т. е. выделения за определенное время) этанола и суммарному количеству ацетона и метилэтилкетона.

Использовали картофель сорта Лорх, полученный из опытно-производственного хозяйства «Ильинское» Московской области, различную степень заражения создавали искусственно. Для опытов были отобраны клубни среднего размера (7×5 см) общей массой 10 кг. Этими клубнями полностью заполняли лабораторный контейнер, моделирующий хра-

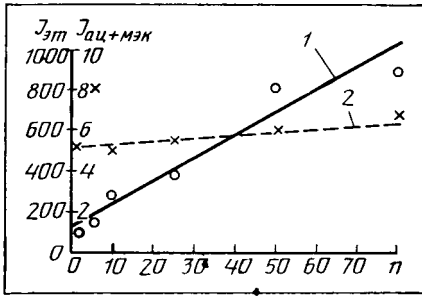


Рис. 1. Зависимость интенсивности выделения этанола (1) и суммарного выделения ацетона и метилэтилкетона (2) (в условных единицах) от количества пораженных клубней п.

нилище, создавая таким образом условия, максимально приближенные к производственным. Заражение проводили культурой мокрой гнили *Ervinia carotovora*, выделенной из картофеля¹. Концентрация водной суспензии культуры, используемой в эксперименте, составляла $5 \cdot 10^9$ клеток в 1 мл. Степень поражения составляла 0, 1, 5, 10, 25, 50 и 80 мас. %.

Здоровые и зараженные клубни помещали в контейнер, который затем плотно закрывали и выдерживали при комнатной температуре. Через каждые 24 ч в течение 30 сут отбирали пробы воздуха объемом 4 л, скоростью 0,5 л/мин. После каждого отбора пробы воздух в контейнере полностью обновлялся. Изменение качества картофеля в контейнере контролировали визуально (по количеству поврежденных клубней) и по выделению летучих продуктов.

Для концентрирования летучих продуктов, содержащихся в воздухе, использовали карбохром, затем адсорбированные соединения десорбировали дистиллированной водой. Наличие этанола, ацетона и метилэтилкетона в водных растворах определяли с помощью газовой хроматографии по методике [2] на газовом хроматографе «Цвет 104» с пламенно-ионизационным детектором. Разделение проводили на колонке длиной 3 м и диаметром 2 мм, заполненной

10 % Твином 40 на хромосорбе W-AW НМДС 0,16—0,20 мм при следующих условиях: температура колонки — 60 °С, испарителя — 150 °С, объемная скорость газа-носителя — 30 мл/мин, объем пробы — 5 мкл. Время удерживания ацетона — 1 мин 20 с, метилэтилкетона — 2 мин, этилового спирта — 2 мин 20 с.

На рис. 1 дана зависимость интенсивности выделения летучих продуктов (в условных единицах) от начальной степени поражения картофеля. В начале гниения, когда глубина поражения невелика, содержание ацетона и метилэтилкетона в выделяющихся газах сравнительно мало и практически не зависит от степени поражения, т. е. относительного количества искусственно зараженных клубней. Содержание же этанола повышается при увеличении степени поражения, следуя линейному закону. Таким образом, можно считать, что по интенсивности выделения этанола (концентрации его в газах, выделившихся за определенное время) можно судить о степени поражения картофеля, т. е. общей массе пораженных участков клубней.

Выделение ацетона и метилэтилкетона в начальный период опыта очень мало. Через определенный период при развитии процесса гниения интенсивность выделения ацетона и метилэтилкетона возрастает. На рис. 2 показана зависимость суммарной концентрации ацетона и метилэтилкетона от количества полностью сгнивших

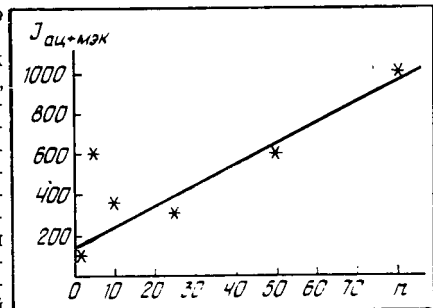


Рис. 2. Зависимость интенсивности выделения суммарного количества ацетона и метилэтилкетона (в условных единицах) от числа полностью сгнивших клубней в конце опыта.

¹ Авторы благодарят Ф. С. Джалилова, старшую кафедры фитопатологии ТСХА, за предоставление культуры мокрой гнили.

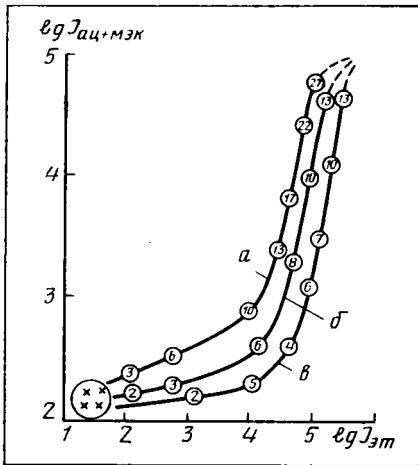


Рис. 3. Выделение летучих продуктов в процессе гниения картофеля (в условных единицах) при различной степени поражения клубней в начале опыта — 1% (а), 10 (б), и 80% (в).
Цифры в кружках — дни измерений.

го картофеля в конце опыта. С известным приближением (поскольку нельзя точно определить максимальную глубину поражения клубней, а приближенно можно считать ее одинаковой для всех полностью сгнивших клубней) эту зависимость можно считать линейной. Таким образом, для достаточно глубокой стадии гниения свойственно относительно интенсивное выделение ацетона и метилэтилкетона. Здесь мы не рассматриваем биохимических основ процесса гниения картофеля и механизма образования газообразных летучих продуктов, а чисто формально прослеживаем связь интенсивности выделения определенных летучих продуктов с внешними признаками порчи картофеля. Итак, по интенсивности выделения этанола, ацетона и метилэтилкетона можно судить о параметрах, определяющих качество клубней — степени и глубине их поражения. Если попытаться использовать данные об интенсивности выделения летучих продуктов для характеристики степени и глубины поражения картофеля, т. е. его качества, то необходимо определенным образом стандартизировать измеряемые вели-

ны, чтобы исключить влияние условий измерения.

Стандартизацию измерений можно осуществить, используя в качестве эталонов пробы здорового и полностью пораженного картофеля и усредняя результаты измерений для нескольких таких проб.

Степень S и глубину поражения Γ картофеля можно определить по содержанию в газовой фазе этанола, ацетона и метилэтилкетона:

$$S = (K_{эт} - K_{эт}^0) / (K_{эт}^* - K_{эт}^0)$$

$$\Gamma = (K_{ац} - K_{ац}^0) / (K_{ац}^* - K_{ац}^0),$$

где $K_{эт}$, $K_{эт}^0$, $K_{эт}^*$ — концентрации этанола соответственно в анализируемой пробе, эталонной пробе и пробе полностью пораженного картофеля; $K_{ац}$, $K_{ац}^0$, $K_{ац}^*$ — суммарные концентрации ацетона и метилэтилкетона соответственно в анализируемой пробе, эталонной пробе полностью здорового и пробе полностью пораженного картофеля.

Об интенсивности выделения летучих продуктов в зависимости от времени выдержки в контейнере картофеля при разной степени начального поражения гнилью можно судить по данным, представленным на рис. 3. По осям координат отложены в логарифмическом масштабе площади хроматографических пиков, соответствующих концентрации этанола и суммарной концентрации ацетона и метилэтилкетона. В нижнем левом углу пунктирной линией обведены точки, соответствующие газовыделению здорового картофеля. В начальный период, когда глубина поражения не очень велика, интенсивность выделения ацетона и метилэтилкетона мала, интенсивность выделения этанола повышается при увеличении степени поражения. Концентрации этанола, метилэтилкетона и ацетона с течением времени увеличиваются. Начальный участок кривой до резкого подъема, связанного с выделением ацетона и метилэтилкетона, уменьшается при увеличении начальной степени заражения, например 10 дней для 1% заражения и 3 дня для 80%.

Глубина и степень поражения картофеля характеризуют пригодность клубней для хранения. Оценивая по-

роговые значения этих показателей (при их превышении данная партия картофеля не подлежит дальнейшему хранению). можно контролировать качество картофеля в процессе всего срока хранения, устанавливая очередность его реализации, а также определять качество картофеля при закладке его на хранение.

Указанным методом анализировали две партии картофеля, поступившие в овощехранилище. Определяли газовыделение для средних проб картофеля каждой партии, а также для специально отобранных проб полностью здорового и полностью пораженного (загнившего) картофеля. Измерения проводили ежедневно в течение 4 дней, результаты усредняли. По этим данным были рассчитаны степень и глубина поражения.

У картофеля 1-й партии степень поражения (0,01 %) и глубина поражения (0,02 %) были низкие. Картофель 2-й партии при небольшой глубине поражения (0,05 %) имел большую степень поражения (3,5 %). Визуальный осмотр показал наличие среди картофеля 1-й партии незначительного количества сильно пораженных клубней, обусловившее выделение ацетона и метилэтилкетона. После удаления пораженных клубней эта партия картофеля была пригодна для закладки на хранение, так как степень поражения ее оказалась невелика. По результатам дальнейших измерений газовой выделение картофеля 1-й партии можно было судить о начале интенсивного выделения этанола только через 10 сут и начале выделения ацетона и метилэтилкетона. После закладки на хранение данная партия

картофеля не портилась 5 мес (до ее реализации). Картофель 2-й партии, с самого начала содержавший много пораженных клубней (хотя не все они могли быть определены визуально), о чем свидетельствовала высокая степень поражения, не подлежал длительному хранению. Действительно, с первых дней наблюдений количество выделявшегося этанола непрерывно возрастало, что указывало на повышение степени поражения, через 10 сут началось интенсивное выделение ацетона и метилэтилкетона. Картофель данной партии не был заложен на хранение.

Таким образом, по результатам определения состава газовой фазы можно судить о качестве картофеля, т. е. о глубине и степени поражения клубней, по длительности периода до начала интенсивного газовой выделение можно прогнозировать допустимую продолжительность хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авт. свид. СССР № 125210, кл. А 01 F 25/00 (Способ оценки качества корнеклубнеплодов). — 2. Немировская И. Б., Исидоров В. А., Калинин Г. А., Бондаренко М. А. Методика газохроматографического анализа растворов кислородсодержащих соединений, выделяемых при хранении картофеля. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 5, с. 199—202. — 3. Varns J. L. — Agricultural Res, 1980, vol. 29, N 2, p. 10—12. — 4. Varns J. L. — Amer. Potato J., 1982, vol. 59, N 12, p. 593—604.

Статья поступила 10 мая 1989 г.

SUMMARY

The method of estimating the quality of potato in storage by the amount of released volatile products has been suggested. The extent of tuber damage has been determined by intensiveness of releasing ethanol, and the depth of damage — by total intensiveness of releasing acetone and methylethylketone. The suggested method may be used when putting potatoes into storage and for checking their quality during storage.