

Понятие титриметрического тела в технологическом регламенте автоматизированной сушки высоковлажных материалов

В.М. Попов, д.т.н., профессор, В.А. Афонькина, к.т.н., В.Н. Левинский, соискатель, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ

Исследование пищевых экосистем – важная задача технологии питания, которая связана с такими областями знаний как аналитическая и физическая химия. Пищевые продукты – по структуре сложные многокомпонентные экосистемы, их качество зависит от свойств и совокупности изменений групп целевых компонентов, а также структуры при технологической обработке пищевого сырья с последующим хранением.

На сегодняшний день качественная оценка пищевого сырья и рационального его использования происходит на основе исследования состава и физико-химических свойств материала с использованием современных инструментальных и органолептических методов анализа.

Основными показателями органолептической оценки являются: внешний вид, консистенция, вкус, цвет и запах.

К физико-химическим показателям качества сушёной продукции относятся: влажность, размер частиц, степень заражённости вредителями,

содержание сернистого ангидрида, количество примесей, набухаемость и развариваемость плодов и овощей [1].

Цель исследования – дать оценку качества высоковлажного биологического сырья (на примере томатов), высушенного с применением сушильной ИК-установки цилиндрического типа, и рассмотреть возможность усовершенствования системы автоматического управления процессом сушки по целевым выходным величинам.

Материал и методы исследования. Исследование и оценка качества томатов, как яркого представителя высоковлажного биологического сырья, высушенного с применением сушильной инфракрасной установки цилиндрического типа, осуществлялось в несколько этапов, часть результатов которых была опубликована ранее [2–6].

Первый этап включал в себя органолептическую оценку и части физико-химических показателей согласно Стандарту ЕЭК ООН DDP-19, который регламентирует сбыт и призван контролировать товарные качества сушёных томатов.

Результаты органолептической оценки представлены на профилограмме рисунка 1. Результаты физико-химических показателей получены

в специализированной лаборатории Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина. Результат исследования следующий: согласно Стандарту ЕЭК ООН DDP-19 сушёный томат соответствует требованиям.

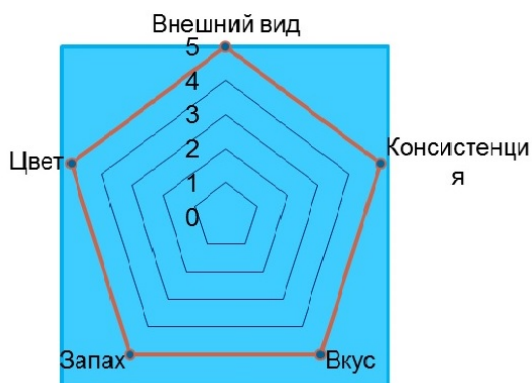


Рис. 1 – Профилограмма органолептической оценки сушёных томатов

Второй этап включал в себя, во-первых, энергетический показатель затраченной энергии на весь процесс сушки, где сушильная ИК-установка цилиндрического типа превзошла в 2 раза радиационно-конвективную установку «УРАЛ». Во-вторых, химический показатель содержания аскорбиновой кислоты (витамин С), который может быть легко разрушен в процессе технологической обработки. Определение содержания в томатах аскорбиновой кислоты (витамина С) выполнено в специализированном лабораторном центре для трёх образцов: 1) томаты, высушенные в ИК-установке цилиндрического типа, 2) томаты, высушенные в радиационно-конвективной установке «УРАЛ», 3) томаты, высушенные естественным способом (страна-производитель Узбекистан). Сравнение производили с базовым значением, определённым стандартом USDA (рис. 2).

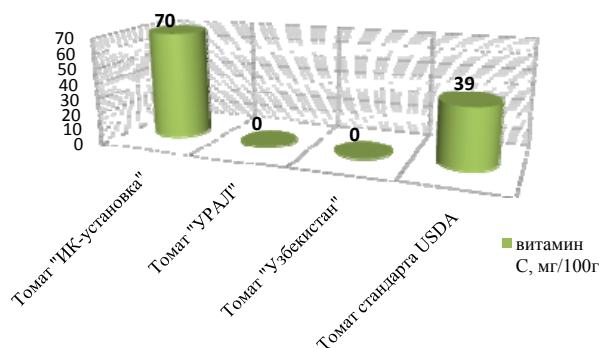


Рис. 2 – Гистограмма содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) в сравниваемых образцах

Третий этап заключался в продолжении изучения физико-химических показателей сухого продукта, а именно определения степени регидратации, т.е. была проведена оценка степени восстановления

сушёного томата по показателю размачиваемости. В данной статье рассматривается третий этап.

Степень и длительность регидратации являются основным условием экономичного и быстрого приготовления продуктов из сушёного сырья. Для оценки этих показателей существует коэффициент размачиваемости, который показывает, во сколько раз обезвоженный продукт увеличит свою массу за счёт поглощения влаги. Размачивание проводится как в холодной, так и в горячей воде.

Для каждого продукта существует свой показатель размачиваемости (набухаемости). Так, для сушёного картофельного пюре он должен быть около 4. Меньшее значение указывает на некоторую денатурацию, потерю гидрофильности. Выше 5 свидетельствует о содержании в продукте большого числа разрушенных клеток с вытекшим крахмалом, обладающим повышенной гидрофильностью. Для моркови этот коэффициент равен 6, для яблок – около 7 [7].

Для томатов достаточно сложно найти норму данного показателя, ввиду того, что сушка томатов только начинает приобретать популярность. Анализ изученной литературы показал, что подобные исследования ранее не проводились, а проведённый эксперимент говорит о необходимости дальнейших исследований с целью оценки продолжительности и возможности регидратации вообще при различных температурных условиях.

При популяризации сушёных томатов такие знания позволят разрабатывать технологические регламенты их получения, помогут установить длительность приготовления блюд из сушёных томатов, сроки и условия их хранения, а также уточнение рецептур приготовления блюд и консервов, где одним из компонентов являются сушёные томаты.

По методике, изложенной в учебном пособии Т.Ф. Киселевой, был выполнен эксперимент с целью экспериментального получения коэффициента набухаемости томатов [1].

Навеску сушёных томатов массой 30 г заливали водой в соотношении 1:10 и давали настояться при разных температурах (30 и 80°C) и разной продолжительности (60 и 90 мин).

По истечении регламентированного времени образцы вынимали из воды. При помощи фильтровального материала удаляли свободную влагу, далее производили взвешивание и определяли коэффициент набухаемости (K) согласно выражению:

$$K = \frac{m_1}{m_2},$$

где m_1 – масса регидратированных продуктов, г;
 m_2 – масса сушёных продуктов, г.

Основной этап регидратации согласно рассматриваемой методике представлен на рисунке 3. Испытания проводились кратностью повтора, равной 5.

Результаты исследования. Результаты лабораторных испытаний с пятикратностью повтора и

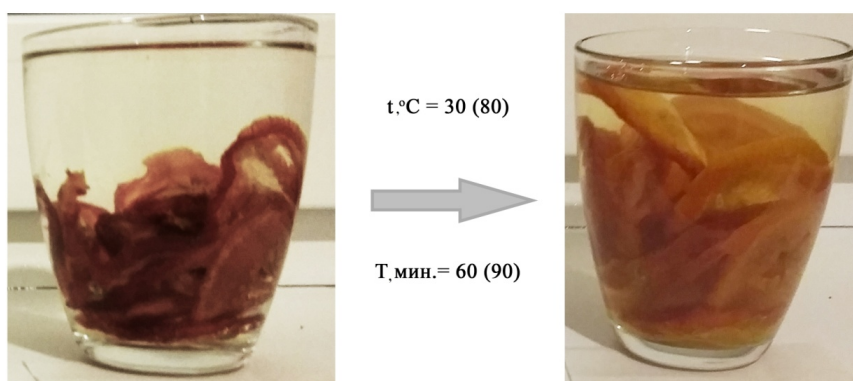


Рис. 3 – Основной этап регидратации сушёных томатов

 Результаты лабораторных испытаний
 регидратации сушёных томатов

| №, п/п | $t_{\text{вольты}}, ^\circ\text{C}$ | Время, мин | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 | K_5 | $K_{\text{ср}}$ |
|--------|-------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 30 | 60 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 3,8 | 4,0 | 4,0 |
| 2 | | 90 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,4 | 4,3 | 4,2 |
| 3 | 80 | 60 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,4 |
| 4 | | 90 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,5 |

расчётом среднего значения коэффициента набухаемости ($K_{\text{ср}}$) представлены в таблице. Испытания производили с одним образцом, полученным по технологии ИК-сушки в установке цилиндрического типа, так как его качество в сравнении с аналогами, получившее оценку ранее, было наиболее высоким.

Необходимо отметить, что по окончании эксперимента регидратации продукт не потерял своих вкусовых свойств. Цвет и запах остались прежними. Единственное видоизменение, которое произошло с данным продуктом, – это внешний вид.

Томат высоковлажный, термолабильный продукт и при определённых процессах термического воздействия на него его структура меняется, что значительно изменяет его внешний вид, причём изменяется как в процессе удаления влаги, так и в процессе его восстановления. К примеру, это мало заметно при сушке семенных и зеленых культур.

Таким образом, можно сделать вывод, что любой объект (продукт), который видоизменяется при удалении влаги или её восполнении, обладает неким объёмом, причём этот объём относительно большой, т.к. может изменяться до $\pm 80\%$ в зависимости от вида воздействия. Это свойство, как правило, можно отнести только к объектам (продуктам) с высоким содержанием воды, т.е. высоковлажным.

На основе полученных результатов предлагается ввести понятие титриметрического тела как формы классификации сырья с высоким содержанием влаги, которое способно значительно изменять свой объём в зависимости от вида воздействия, а также обладать собственной природой поглощения дозы энергии, присущей объёмным телам.

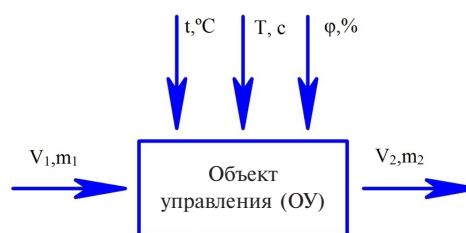


Рис. 4 – Структурная схема внешних и внутренних воздействий на объект управления (ОУ)

Титриметрический анализ (титрование) – метод количественного/массового анализа, который часто используется в аналитической химии, основанный на измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом. Титрование – процесс определения титра исследуемого вещества [8].

Для высоковлажного сырья (продукта) применение данного понятия – титриметрическое тело – позволит осуществлять оценку продукта по начальному объёму, причём независимо от того, в каком состоянии находится продукт (до сушки, после сушки).

Эти исследования помогут осуществить новый подход к автоматизации процессов сушки и регидратации пищевых продуктов, в первую очередь по знанию начального объёма (V_1) и массы (m_1) продукта, появляется возможность дать оценку продолжительности сушки (T) и регидратации (T), а также необходимой температуры (t) воздействия на продукт и необходимого увлажнения (ϕ).

Любой автоматизированный процесс предполагает разработку модели структурной схемы внешних и внутренних воздействий на объект управления (ОУ). Факторы, которые следует учитывать для такого рода сырья при обеспечении технологии высушивания, показаны на рисунке 4 [9].

Выводы

1. Впервые проведено исследование по получению коэффициента набухаемости для сушёных томатов. Данное исследование поможет установить длительность приготовления блюд из сушёных томатов, сроков и условий их хранения.

2. Впервые введено понятие титриметрического тела для классификации высоковлажных мате-

риалов, которые способны значительно изменять свой объём в зависимости от вида воздействия на них;

3. Впервые предложен абсолютно новый подход к автоматизации сушильных установок, который заключается в необходимом воздействии на продукт, зная его начальный объём и массу.

Литература

1. Киселева Т.Ф. Технология сушки. Учебно-методический комплекс. Кемерово, 2007. С. 101–116.
2. Афонькина В.А., Попов В.М., Левинский В.Н. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки томатов с установкой сроков хранения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (139). С. 174–180.
3. Попов В.М. Результаты исследований качественных показателей процесса ик-сушки зеленных культур / В.М. Попов, В.А. Афонькина, Е.И. Шукшина [и др.] // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. ЛП междунар. науч.-технич. конф. / под ред. П.Г. Свечникова. Челябинск, 2014. С. 363–367.
4. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. К вопросу об инфракрасной сушке томатов // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. 55-й междунар. науч.-технич. конф. Челябинск: Издательство ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 267–274.
5. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки томатов по содержанию аскорбиновой кислоты // Международный научно-исследовательский журнал. 2017 № 9-3 (63). С. 58–62.
6. Попов В.М. Определение энергоэффективности машины цилиндрического типа для инфракрасной сушки высоко-влажного биологического сырья в сравнении с аналогом / В.М. Попов, В.А. Афонькина, В.Н. Левинский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2018. № 2(46). С. 131–139.
7. Базарнова Ю.Г. Методы и исследования сырья и готовой продукции: учебно-методич. пособ. СПб., 2013. С. 3–8.
8. Титриметрический анализ. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
9. Медведев А.В. К вопросу о комбинированной инфракрасной сушке пищевых продуктов / А.В. Медведев, В.М. Попов, В.Н. Левинский [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. X национ. науч.-практич. конф. с междунар. участ. Саратов, 2019. С. 156–158.