

ИНТЕГРАЛЬНОЕ КАЧЕСТВО  
СВЕЖЕГО ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ

## INTEGRAL QUALITY OF FRESH TOMATO IN STORAGE CONDITIONS

Пикалева А.С.<sup>1</sup> – аналитик  
Киселева Н.В.<sup>2</sup> – кандидат химических наук,  
доцент кафедры аналитической химии

<sup>1</sup>АО "Тандер"  
350000, Россия, г. Краснодар, ул. Солнечная 15/5  
E-mail: alevtina31.07@mail.ru

<sup>2</sup>Кубанский Государственный Университет  
350000, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

Pikaleva A.S.<sup>1</sup> – business analyst  
Kiseleva N.V.<sup>2</sup> – PhD in Chemistry, associate professor, department of analytical chemistry

<sup>1</sup>JSC "Tander"  
350000, Russia, Krasnodar, Solnechnaya st., 15/5  
E-mail: alevtina31.07@mail.ru

<sup>2</sup>Kuban State University  
350000, Russia, Krasnodar, Stavropolskaya st., 149

Сохранение качества продукции категории фреш для компаний, занимающихся реализацией свежей плодовоовощной продукции, является важной задачей в управлении цепями поставок как в транспортной, так и в складской логистике. В работе представлена оценка потерь качества свежего томата при воздействии различных температурных режимов с использованием параметра интегрального качества. Показатель интегрального качества складывается из отклонений биохимических показателей (витамин С, кислотность, глюкоза и сумма сахаров) при рекомендуемой температуре хранения (8°C) от значений этих же показателей при температурах, отличных от нее; частоты участия показателей в корреляционных зависимостях между показателями и наибольшей степени корреляции, оцениваемой по величине коэффициента Пирсона. С использованием методологии QFD определена связь требований потребителей с техническими требованиями к качеству свежего томата и установлены параметры, оказывающие наибольшее влияние на качество. Апробация параметра "интегральное качество" осуществлена на основе данных эксперимента, проведенного в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (г. Краснодар), по исследованию влияния температурных режимов на качество плодов томата сорта Торбаш в процессе хранения. Предложенная модель прогнозирования качества может быть рекомендована компаниям, реализующим свежие томаты, осуществляющим логистическую деятельность в цепях поставок данной овощной продукции, а также может служить основой для оценки качества другой плодовоовощной продукции.

**Ключевые слова:** интегральное качество, томат, показатели качества, корреляция, QFD.

**Для цитирования:** Пикалева А.С., Киселева Н.В. ИНТЕГРАЛЬНОЕ КАЧЕСТВО СВЕЖЕГО ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ. Овощи России. 2018;(6):55-62. DOI:10.18619/2072-9146-2018-6-55-62

Preservation of the quality of fresh products for companies engaged in the implementation of fresh fruit and vegetable products is an important task in managing supply chains in both transport and warehouse logistics. This work presents an estimate of the loss of quality of fresh tomato under the influence of various temperature regimes using an integral quality parameter. Integral quality parameter index consists of deviations of biochemical parameters (vitamin C, acidity, glucose and the sum of sugars) at the recommended storage temperature (plus 8°C) from the values of these the same indicators at temperatures different from it; the frequency of the participation of the indicators in the correlation dependences between the indices and the highest degree of correlation, estimated from the value of the Pearson coefficient. Using the QFD methodology, the relationship of consumer requirements with technical requirements for the quality of fresh tomato has been determined, and the parameters that have the greatest impact on quality have been established. Approbation of the parameter "integral quality" was carried out on the basis of the data of the experiment conducted in the Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture (Krasnodar), on the influence of temperature regimes on the quality of tomato "Torbash" in the process of storage. The proposed model of quality forecasting can be recommended to companies selling fresh tomatoes, carrying out logistic activities in the supply chains of this vegetable production, and can also serve as a basis for assessing the quality of other fruit and vegetable products.

**Keywords:** integral quality, tomato, quality indicators, correlation, QFD.

**For citation:** Pikaleva A.S., Kiseleva N.V. INTEGRAL QUALITY OF FRESH TOMATO IN STORAGE CONDITIONS. Vegetable crops of Russia. 2018;(6):55-62. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-6-55-62

## Введение

Математическое описание качества томата представлено в ряде работ. В статье Ghezavati с соавт. [1] представлена модель периодического планирования на основе декомпозиции Бендерса распределения свежего томата в цепи поставок. Одновременно эта модель учитывает свежесть и зрелость, но не рассматривает температурную динамику изменения качества, а температурные условия транспортировки считаются постоянной величиной (15°C).

В работе Yang Тао с соавт. [2] с помощью нейро-нечеткого моделирования прогнозируют физико-химические и микробиологические параметры высушенных помидоров, хранимых в вакууме при 5...30°C. Оценивают содержание ликопина, полифенолов, количество аэробных бактерий, дрожжей и плесени. Исследование не проводили в реальных условиях –

при наличии атмосферного воздуха, что определяет сложность применения описанного подхода в практических условиях транспортировки и хранения томата, а также не предлагается метод оценки качества томата на основании полученных результатов.

Авторы работы Blackburn и др. [3] анализируют дыню и кукурузу. После сбора с поля переносят плоды в помещение с температурой на несколько градусов выше нуля и охлаждают их. Для уменьшения ухудшения качества предлагают оценивать и использовать частоту переноса в охлажденное помещение плодов с поля определенного размера в партии. При этом отмечают, что время погрузки в транспорт не чувствительно к ухудшению качества после охлаждения продукции, учет задержки в загрузке от одного дня оценивают в стоимостном выражении. Управляя процессом от сбора до

охлаждения, производители могут максимизировать ценность продукта в чувствительном сегменте цепи (перенос с поля в охлажденное помещение) путем реализации оптимального размера партии.

В статье Степновой [4] приведен широкий литературный обзор систем контроля и управления качеством свежей плодовоовощной продукции, а также заключение об отсутствии моделей, использующих изменение химического состава продукции при хранении.

Изучение сохранения качества плодовоовощной продукции тесно связано с оценкой риска потерь товара. Одним из наиболее эффективных методов планирования качества является метод структурирования (развертывания) функций качества (Quality Function Deployment – QFD) [5, 6, 7].

QFD – это метод структурирования нужд и пожеланий потребителя через развертывание функций и операций деятельности по обеспечению на каждом этапе жизненного цикла проекта создания продукции такого качества, которое бы гарантировало получение конечного результата, соответствующего ожиданиям потребителя. Основным инструментом QFD является таблица, получившая название «Дом качества». В ней отображается связь между фактическими показателями качества (потребительскими свойствами) и вспомогательными показателями (техническими требованиями) [5].

**Цель:** предложить метод оценки изменения качества свежего томата в условиях хранения по биохимическим параметрам, а также выявить зависимости между требованиями потребителей к качеству томата и нормативными требованиями в процессе транспортировки и хранения.

Для достижения поставленных целей были решены следующие **задачи**:

1. Предложить метод оценки изменения качества свежего томата во временном интервале хранения при различных температурных режимах;
2. С помощью методологии развертывания функции качества QFD (Quality Function Deployment) выявить и оценить связь между потребительскими требованиями и контролируемыми характеристиками свежего томата.

### Материалы и методы

Для определения выбранных биохимических параметров использовали утвержденные методики и методики, разработанные в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». Содержание растворимого сухого вещества определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562-90; кислотность контролировали титриметрическим методом с визуальной индикацией точки эквивалентности по ГОСТ 25555.0-82 (пересчет результатов кислотности проводили в расчете на преобладающую лимонную кислоту); витамин С определяли йодометрическим титрованием, содержание сахаров контролировали методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель» 104 Р.

Для исследования были отобраны плоды томата сорта Торбаш (Турция) красной степени зрелости импортной поставки, приобретенные в розничной сети, без видимых повреждений.

Эксперимент строили следующим образом. Каждую партию томата выдерживали в термостате при определенной температуре от +4 до +22°C с шагом 2°C в течение 10 суток. В компании АО «Тандер» установленный срок годности томатов истекает через 14 суток от момента отгрузки на распределительный центр, цикл непрерывного проведения испытаний в лабораторных условиях составил 10 суток. Измерения параметров качества продукта проводили каждые 48 часов.

Полученные массивы данных были обработаны методом дисперсионного анализа. Данные были разделены на две группы в двух вариантах:

- 1) в первой группе были значения, полученные при 8°C (температура, которая считается оптимальной для хранения), во второй – при температурах, отличных от нормальной (4°C, 6°C, от 10...22°C);
- 2) в первую группу были включены значения, полученные при температурах ниже нормальной (4°C, 6°C), во вторую – выше нормальной (от 10°C до 22°C).

Предварительно однородность дисперсий проверяли с помощью F-теста. Для оценки степени корреляции использовалась таблица Чеддока [8].

Планирование качества томата рассмотрено с помощью QFD-методологии, алгоритм которой имеет следующий вид:

- 1) Выделение приоритетных потребительских требований и их экспертная оценка по 5-ти балльной шкале, где 5 – очень важно, 4 – важно; 3 – недостаточно важно; 2 – маловажно; 1 – не важно; в таблицу занесены средние значения;
- 2) Перевод требований потребителя в технические требования;
- 3) Выявление тесноты связи между потребительскими требованиями и техническими характеристиками. Взаимодействия в таблице обозначаются символами:  $\bigcirc$  – сильная связь;  $\bullet$  – средняя;  $\blacktriangle$  – слабая. Вес связи равен соответственно 9, 3, 1;
- 4) Определение абсолютной и относительной важности требований потребителей и технических требований;

$$OB(TP_i) = AB(TP_i) / \sum AB(TP_i) * 100\% \quad (1),$$

где  $OB(TP_i)$  – относительная важность требования потребителя,

$AB(TP_i)$  – абсолютная важность требования потребителя;

$$AB(TT_j) = \sum OB(TP_i) * q(TP_{ij}) \quad (2),$$

где  $AB(TT_j)$  – абсолютная важность технического требования,

$OB(TP_i)$  – относительная важность требования потребителя,

$q(TP_{ij})$  – сила взаимосвязи требования потребителя с технической характеристикой;

$$OB(TT_j) = AB(TT_j) / \sum AB(TT_j) * 100\% \quad (3),$$

где  $OB(TT_j)$  – относительная важность технического требования,

$AB(TT_j)$  – абсолютная важность технического требования;

5) Установление корреляционных связей между техническими характеристиками продукции – построение «крыши дома»;

6) Определение целевых значений технических характеристик и оценка относительной технической трудности достижения каждой технической характеристики по 10-балльной шкале.

7) Принятие решения о направлениях улучшений [5,9].

### Результаты и их обсуждение

Качество товара характеризуется рядом показателей, вклад которых не однозначен. С использованием математической обработки данных можно выявить зависимости показателей и оценить их весомость в общей интегральной характеристике качества. В статье [8] приведены результаты эксперимента показателей качества свежего томата – кислотность, содержание растворимого сухого вещества, аскорбиновой кислоты и содержание сахаров при изменяющемся факторе «температура». Дисперсионным анализом были исследованы 2 выборки. Различия по кислотности были выявлены только в первом варианте (в одной группе значения, полученные при 8°C, в другой – при температурах, отличных от нормальной).

Определению корреляционной зависимости подвергали показатели, имеющие различия в двух группах – витамин С, глюкоза и сумма сахаров. Перед определением t-теста по кислотности проводили F-тест на равенство средних для определения однородности дисперсий. Полученный p-уровень F-статистики дает значение 0,045. Поскольку он меньше критического уровня значимости 0,05, вероятность ошибки первого рода (гипотеза о равенстве дисперсий) отвергается. Для того, чтобы сделать вывод о верности гипотез о равенстве средних, провели анализ по двухвыборочному t-тесту с различными дисперсиями. Так как t-статистика меньше t-критического двухстороннего, то нулевую гипотезу необходимо принять, т.е. различие значений в группе с данными при температурах ниже 8°C и значений в группе с данными при температурах выше 8°C не значимо, и кислотность при изменении температур не оказывает влияние на изменение качества томата.

Для повышения достоверности выбранного уровня значимости представляется целесообразным принять ошибку первого рода о равенстве дисперсий и провести анализ по двухвыборочному t-тесту с одинаковыми дисперсиями. Вероятность отклонения правильной гипотезы (вероятность ошибки первого рода) слишком мала (1,38%), поэтому нулевая гипотеза отвергается, т.е. значения кислотности при температурах ниже и выше 8°C различаются, и кислотность ока-

зывает влияние на изменение качества томата в зависимости от температур.

Таким образом, по двум выборкам (в одной выборке разделяли данные по признаку нормальной температуры хранения и отличной от нее, в другой классифицировали по значениям ниже/выше нормальной температуры) различия имеются и можно сделать вывод, что параметр кислотности влияет на качество свежего томата.

В связи с этим есть смысл рассмотреть корреляционные зависимости показателей качества с кислотностью. Но поскольку сахарокислотный индекс (отношение содержания суммы сахаров к содержанию кислот) свежего томата при различных температурах хранения был рассмотрен в работе [8] в качестве важного параметра для оценки качества томата для переработки сырья, то в данной статье данную зависимость кислотности с суммой сахаров не рассматривали. Рассмотрим взаимосвязь кислотности с содержанием витамина С и глюкозы.

Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при изменяющемся факторе "температура" через 48 и 144 часов после закладки на хранение показал умеренную отрицательную корреляцию (коэффициенты Пирсона соответственно 0,447 и 0,362;  $P < 0,99$ ) (рис. 1, 2). Анализ данных при фиксированном факторе "время хранения" выявил тесную корреляцию при 20°C (коэффициент корреляции Пирсона 0,717;  $P > 0,99$ ) (рис. 3), заметная корреляция наблюдалась при 10°C (рис. 4), 16°C (рис. 5), 22°C (рис. 6) (при 10°C коэффициент корреляции Пирсона 0,506;  $P < 0,99$ , при 16°C – 0,624;  $P > 0,99$ , при 22°C – 0,546;  $P = 0,99$ ), при 18°C корреляция умеренная (коэффициент Пирсона 0,416;  $P < 0,99$ , рис. 7), при 12°C корреляция слабая (коэффициент Пирсона 0,206;  $P < 0,99$ ), при остальных температурах корреляция отсутствует (при 4°C коэффициент корреляции Пирсона 0,027, при 6°C – 0,018, при 8°C – 0,001, при 14°C – 0,039;  $P < 0,99$ ). Показатель достоверности  $p = 0,99$ .

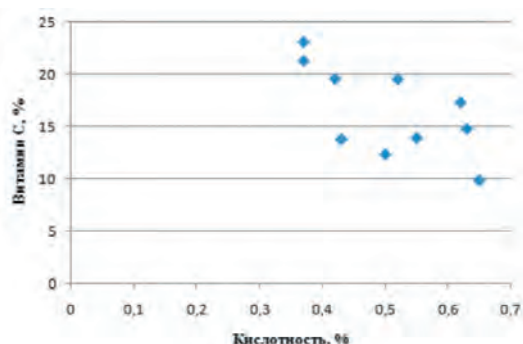


Рис.1. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности через 48 часов после закладки в температурный режим.

Fig. 1. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity after 48 hours after the laying in temperature.

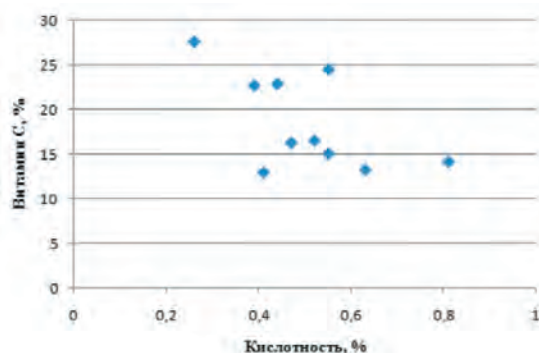


Рис.2. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности через 144 часа после закладки в температурный режим.

Fig.2. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity after 144 hours after the laying in temperature.

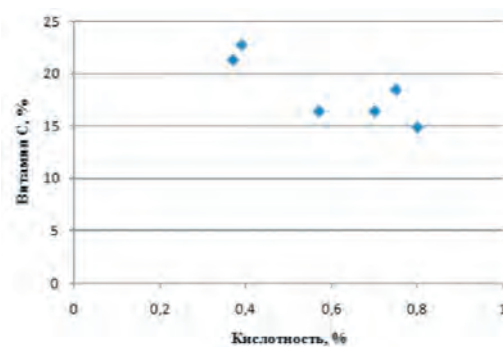


Рис.3. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при 20°C.

Fig.3. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity at 20°C.

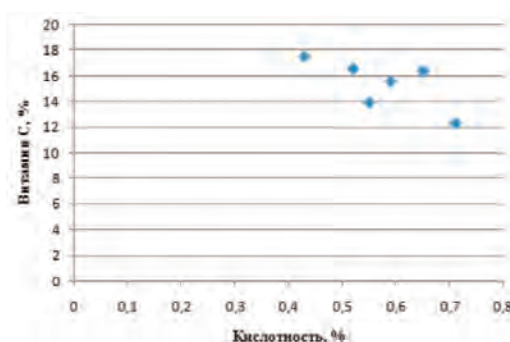


Рис.4. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при 10°C.

Fig.4. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity at 10°C.

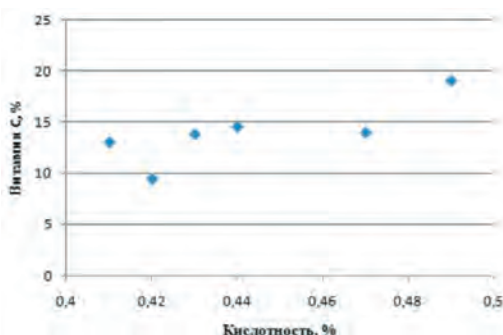


Рис.5. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при 16°C.

Fig.5. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity at 16°C.

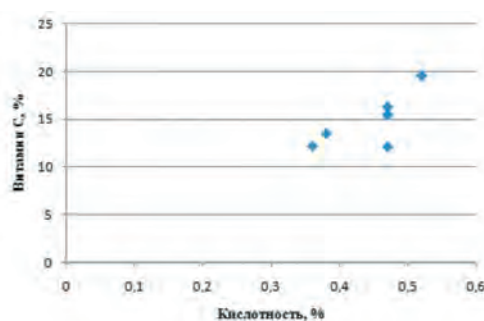


Рис.6. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при 22°C.

Fig. 6. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity at 22°C.



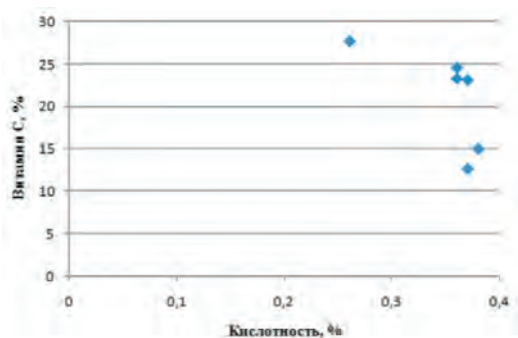


Рис.7. Корреляционный анализ содержания витамина С и кислотности при 18°C.  
Fig.7. Correlation analysis the content of vitamin C and acidity at 18°C.

Корреляционный анализ кислотности и содержания глюкозы при изменяющемся факторе “температура” через 240 часов после закладки на хранение показал умеренную положительную корреляцию (коэффициент корреляции Пирсона 0,459;  $P < 0,99$ ) (рис. 8). Анализ данных при фиксированном факторе “время хранения” выявил заметную корреляцию при 4°C и 8°C (коэффициенты корреляции Пирсона соответственно 0,636; 0,698;  $P > 0,99$ ) (рис. 9, 10), умеренная корреляция наблюдалась при 18°C (коэффициент корреляции Пирсона 0,394;  $P < 0,99$ , рис.11), при остальных температурах корреляция слабая (при 6°C коэффициент корреляции Пирсона 0,238, при 10°C – 0,287, при 14°C – 0,129, при 20°C – 0,190, при 22°C – 0,177;  $P < 0,99$ ) или отсутствует (при 12°C коэффициент корреляции Пирсона 0,001, при 16°C – 0,004;  $P < 0,99$ ). Показатель достоверности  $p = 0,99$ .

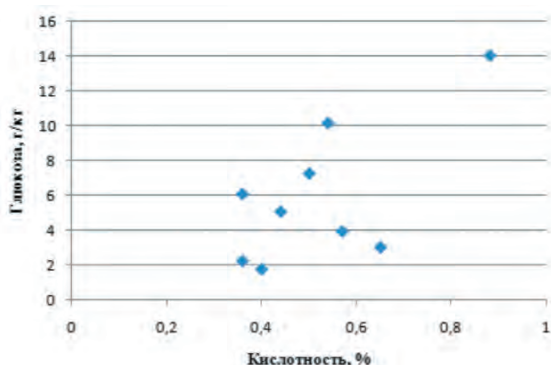


Рис.8. Корреляционный анализ кислотности и содержания глюкозы через 240 часов после закладки в температурный режим.  
Fig.8. Correlation analysis acidity and the content of glucose after 240 hours after the laying in temperature.

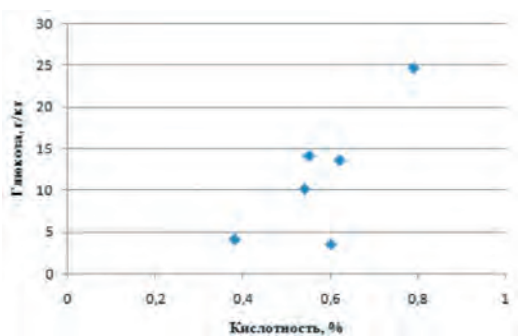


Рис.9. Корреляционный анализ кислотности и содержания глюкозы при 4°C.  
Fig. 9. Correlation analysis acidity and the content of glucose at 4°C.

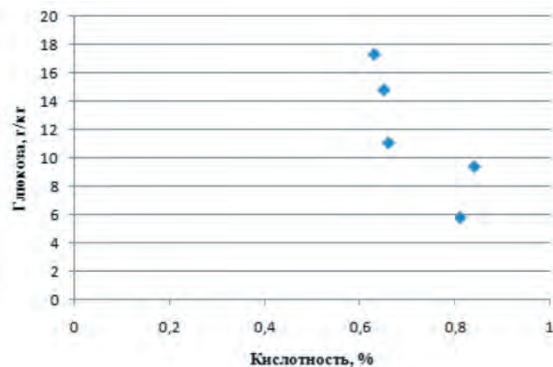


Рис.10. Корреляционный анализ кислотности и содержания глюкозы при 8°C.  
Fig.10. Correlation analysis acidity and the content of glucose at 8°C.

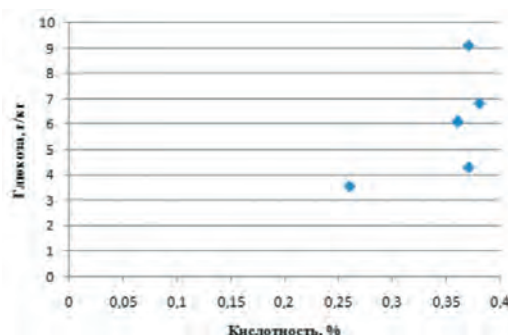


Рис. 11. Корреляционный анализ кислотности и содержания глюкозы при 18°C.  
Fig. 11. Correlation analysis acidity and the content of glucose at 18°C.

Затем оценивали влияние каждого показателя на качество свежего томата при разных температурных режимах. Из всех коэффициентов корреляций пар показателей при каждой температуре отобрали те, у которых степень корреляции по таблице Чеддока оказалась от 0,11 и выше (в таблице 1 выделены полужирным шрифтом).

По каждому показателю качества, который участвует в корреляционных зависимостях с другим(ими) показателями, определяли, во сколько раз среднее значение при каждой температуре отличается от значения при нормальной температуре хранения (8°C) (табл.2).

Назначение коэффициентов весомости производили на основании экспериментальных данных методом ранжирования [10] (оценку нескольких экспертов не использовали):

По величине отклонения средних температур от нормальной температуры хранения (8°C) на основании таблицы 2 при каждом температурном интервале назначали коэффициенты весомости таким образом, чтобы сумма всех коэффициентов весомости показателей качества была равна 1 (табл.3). Там, где отличий не было или отличие от эталонного значения (1,00 при 8°C) наблюдалось в сотых долях, считали, что данные значения не вносят вклад в изменение качества (по глюкозе при 4°C изменения качества отсутствуют, так как значение отклонения равно 1,00, по сумме сахаров при 6°C – 1,02). Таким образом, можно видеть, что наибольший вклад в изменение качества томата вносит содержание витамина С по всем температурным режимам.

Далее сравнивали число участия показателей качества в корреляционных зависимостях при каждом температурном режиме. Если число участия в зависимостях с другими показателями у какого-либо параметра было наибольшим, его коэффициент весомости увеличивали на 0,05 (экспертная оценка) (в таблице 4 выделены полужирным шрифтом коэффициенты весомости, к которым дополнительно было добавлено 0,05). Если выявлялись параметры, у которых

Таблица 1. Корреляционные зависимости показателей качества томата  
Table 1. Correlation dependencies of tomato quality indicators

Температура хранения	Корреляционные зависимости показателей				
	Витамин С – глюкоза	Витамин С – сумма сахаров	Кислотность – витамин С	Кислотность – глюкоза	Кислотность – сумма сахаров
4°C	0,220	0,545	0,027	0,636	0,240
6°C	0,037	0,008	0,018	0,238	0,383
8°C	0,229	0,218	0,001	0,698	0,685
10°C	0,075	0,036	0,506	0,287	0,229
12°C	0,017	0,024	0,206	0,001	0,000
14°C	0,017	0,052	0,039	0,129	0,026
16°C	0,138	0,449	0,624	0,004	0,155
18°C	0,757	0,679	0,416	0,394	0,218
20°C	0,226	0,297	0,717	0,190	0,146
22°C	0,333	0,045	0,546	0,177	0,194

Таблица 2. Отклонения показателей качества от значений при нормальной температуре хранения томата  
Table 2. Deviations of quality indicators from the values at the normal temperature of tomato storage

Температура хранения	Показатели качества			
	Витамин С	Глюкоза	Сумма сахаров	Кислотность
4°C	1,89	1,00	1,12	0,81
6°C		0,93	1,02	0,88
10°C	1,43	0,58	0,58	0,80
12°C	1,29			0,77
14°C		0,30		0,69
16°C	1,30	0,53	0,59	0,62
18°C	1,95	0,51	0,64	0,49
20°C	1,71	0,51	0,47	0,83
22°C	1,38	0,29	0,36	0,62

число участий в зависимостях с другими показателями было одинаково, то наиболее весомый показатель определяли по его наибольшей степени корреляции. Данное правило применимо к температурным режимам 18°C, 20°C. После увеличения экспертной оценки 0,05 проводили нормировку коэффициентов весомости (т.е. делили на полученную сумму каждый коэффициент), чтобы их сумма была 1 (табл. 5).

При 6°C наибольшую значимость добавили кислотности (табл. 6), при 10°C (табл. 7) наибольшую значимость присвоили кислотности, при 16°C – содержанию витамина С (табл. 8), при 18°C (табл. 9) учли более высокие степени корреляции содержания витамина С и соответственно увеличили его коэффициент весомости на 0,05. В таблице 10 видно одинаковое количество участий витамина С и кислотности при 20°C в зависимостях с другими показателями, соответственно дополнительную весомость не назначили ни одному показателю в рамках данной температуры. При 22°C (табл. 11) наиболее весомым показателем является кислотность, которой и была добавлена наибольшая значимость в рамках данного температурного режима.

Корректность описанного подхода к выбору наиболее значимого показателя с учетом числа участий в корреляционных зависимостях и значений весомостей показателей доказывается наличием прямой взаимозависимости коэффициентов корреляций данного показателя и коэффициентов весомости

Таблица 3. Коэффициенты весомости по значениям отклонений от нормальной температуры хранения томата  
Table 3. Coefficients of weight for the values of deviations from the normal storage temperature of tomato

Температура хранения	Коэффициенты весомости показателей качества				Сумма коэффициентов весомости
	Витамин С	Глюкоза	Сумма сахаров	Кислотность	
4°C	0,40		0,30	0,30	1
6°C		0,50		0,50	1
8°C	0,25	0,25	0,25	0,25	1
10°C	0,40	0,15	0,15	0,30	1
12°C	0,60			0,40	1
14°C		0,30		0,70	1
16°C	0,40	0,15	0,15	0,30	1
18°C	0,45	0,16	0,25	0,14	1
20°C	0,45	0,15	0,15	0,25	1
22°C	0,40	0,12	0,18	0,30	1

Таблица 4. Коэффициенты весомости показателей качества с учетом числа участий в корреляционных зависимостях  
Table 4. Coefficients of the weighting of quality indicators, taking into account the number of participations in the correlation dependencies

Температура хранения	Коэффициенты весомости показателей качества				Сумма коэффициентов весомости
	Витамин С	Глюкоза	Сумма сахаров	Кислотность	
4°C	0,40		0,30	0,30	1
6°C		0,50		0,55	1,05
10°C	0,40	0,15	0,15	0,35	1,05
12°C	0,60			0,40	1
14°C		0,30		0,70	1
16°C	0,45	0,15	0,15	0,30	1,05
18°C	0,50	0,16	0,25	0,14	1,05
20°C	0,45	0,15	0,15	0,25	1
22°C	0,40	0,12	0,18	0,35	1,05

Таблица 5. Коэффициенты весомости показателей качества с учетом нормировки  
Table 5. Coefficients of the weighting of quality indicators, taking into account the normalization

Температура хранения	Коэффициенты весомости показателей качества				Сумма коэффициентов весомости
	Витамин С	Глюкоза	Сумма сахаров	Кислотность	
6°C		0,476		0,524	1
10°C	0,381	0,143	0,143	0,333	1
16°C	0,429	0,143	0,143	0,286	1
18°C	0,476	0,152	0,238	0,133	1
22°C	0,381	0,114	0,171	0,333	1

Таблица 6. Определение наиболее весомого показателя при 6°C  
Table 6. Determination of the most significant indicator at 6°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций	
Глюкоза	Слабая	
Кислотность	Слабая	Умеренная

Таблица 7. Определение наиболее весомого показателя при 10°C  
Table 7. Determination of the most significant indicator at 10°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций		
Витамин С	Заметная		
Глюкоза	Слабая		
Сумма сахаров	Слабая		
Кислотность	Заметная	Слабая	Слабая

Таблица 8. Определение наиболее весомого показателя при 16°C  
Table 8. Determination of the most significant indicator at 16°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций		
Витамин С	Слабая	Умеренная	Заметная
Глюкоза	Слабая		
Сумма сахаров	Умеренная	Слабая	
Кислотность	Заметная	Слабая	

Таблица 9. Определение наиболее весомого показателя при 18°C  
Table 9. Determination of the most significant indicator at 18°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций		
Витамин С	Тесная	Заметная	Умеренная
Глюкоза	Тесная	Умеренная	
Сумма сахаров	Заметная	Слабая	
Кислотность	Умеренная	Умеренная	Слабая

Таблица 10. Определение наиболее весомого показателя при 20°C  
Table 10. Determination of the most significant indicator at 20°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций		
Витамин С	Слабая	Слабая	Тесная
Глюкоза	Слабая	Слабая	
Сумма сахаров	Слабая	Слабая	
Кислотность	Тесная	Слабая	Слабая

Таблица 11. Определение наиболее весомого показателя при 22°C  
Table 11. Determination of the most significant indicator at 22°C

Параметры качества	Значение степеней корреляций		
Витамин С	Умеренная	Заметная	
Глюкоза	Умеренная	Умеренная	
Сумма сахаров	Слабая		
Кислотность	Заметная	Слабая	Слабая

соответствующих биохимических параметров качества, исключение составляет лишь при 18°C значений содержания глюкозы и суммы сахаров, вероятно, из-за малой разницы коэффициентов корреляций содержания витамина С с содержанием глюкозы 0,757 и содержания витамина С с суммой сахаров – 0,679, где разница между показателями составляет 0,078.

Изменение качества томата на основании комплексного изменения биохимических параметров представляет научный интерес. Для этого произвели оценку вклада каждого показателя в суммарное изменение качества путем определения “интегрального качества”. “Интегральное качество” – сумма произведений отклонений от нормальной температуры хранения каждого параметра на его коэффициент весомости (формула 4).

$$I = \sum k_i f_i \quad (4)$$

где I – интегральное качество;

$k_i$  – отклонение от нормальной температуры хранения каждого биохимического показателя;

$f_i$  – коэффициент весомости каждого биохимического показателя.

В таблице 12 представлены значения интегрального качества томата для каждой температуры хранения.

Например, при 4°C интегральное качество  $I = 1,89 \cdot 0,40 + 1,12 \cdot 0,30 + 0,81 \cdot 0,3 = 1,335$ .

Далее рассчитали отклонения интегрального качества при температурах, отличных от плюс 8°C, от интегрального качества при нормальной температуре (значение интегрального качества брали по модулю), получили температуры, при которых изменение качества свежего томата было наиболее существенным.

В таблице 12 представлено изменение интегрального качества от меньшего к большему. Таким образом, наибольшее изменение биохимических параметров качества томата происходит при температурах 22, 18, 14 и 4°C.

В наших статьях [11] и [12] предполагалась оценка изменения качества свежей плодовоовощной продукции к концу срока жизни на основе введенного коэффициента ухудшения качества в процентном соотношении. Однако экспериментальное исследование показало, что линейная зависимость от времени хранения по каждому показателю качества не обнаружена, а оценку изменения качества томата допустимо делать по интегральному качеству, которое включает в себя коэффици-

Таблица 12. Интегральное качество томата при различных температурных режимах хранения  
Table 12. Integral quality of tomato under different temperature conditions of storage

Температура хранения	Интегральное качество
10°C	0,023
12°C	0,082
6°C	0,096
16°C	0,106
20°C	0,124
22°C	0,173
18°C	0,224
4°C	0,335
14°C	0,427

енты весомости всех показателей на основании их отклонений от нормальной температуры хранения, учет корреляционных зависимостей и степень их корреляции. По величине отклонения интегрального качества от значения при нормальной температуре хранения (8°C) можно оценить изменение качества за сутки. Поскольку значение интегрального качества рассчитано по экспериментальным данным по изменению значений биохимических показателей томата при хранении в течение 10 суток, можно оценить изменение качества за 1 сутки (табл.13). Данный параметр рассчитываем в %, и для модели прогнозирования [12] это и будет коэффициент ухудшения качества (К.у.к.), на основании которого есть возможность оценить качество товара к моменту его доставки.

Для определения связи потребительских требований с контролируемыми характеристиками свежего томата построен “Дом качества” по методологии QFD (рис.12).

Наиболее важную роль для потребителей помимо вкусовых качеств играет питательный состав веществ, который преобладает над степенью зрелости и сроком жизни. А из свойств с возможным негативным воздействием на здоровье – микробиологический состав по сравнению с механическими повреждениями.

Из матрицы корреляций (“крыша дома”) следует сильная положительная связь соблюдения технологий выращивания с температурными и влажностными режимами; положительная связь прослеживается также с соблюдением фитосанитарных норм.

По значению относительного веса можно определить техни-

Таблица 13. Температурная динамика ухудшения качества томата  
Table 13. Temperature dynamics of deterioration of tomato

Температура хранения, °C	Изменение К.у.к. в сутки, %
10	0,23
12	0,82
6	0,96
16	1,06
20	1,24
22	1,73
18	2,24
4	3,35
14	4,27



ческие требования, которые оказывают наибольшее влияние на качество томата, это температура со значением относительного веса 19,4%; время в пути и соблюдение фитосанитарных норм, доля каждого из которых в общем значении качества составляет соответственно 15,7%; 15,6%.

### Выводы

Таким образом, показана возможность прогнозирования качества продукции фреш на основе показателя интегрального качества, который учитывает разницу в значениях биохимических показателей при рекомендуемой температуре хранения и температурах, отличных от нее; число участий показателей качества в корреляционных зависимостях и наибольшую степень корреляции (по коэффициенту Пирсона).

Использование методологии QFD позволило выявить параметры, которые в наибольшей степени влияют на качество при транспортировке и хранении томата: это температура, время в пути и соблюдение фитосанитарных норм, которым необходимо уделять особое внимание и контроль в цепи поставки и на протяжении всего жизненного цикла продукции.

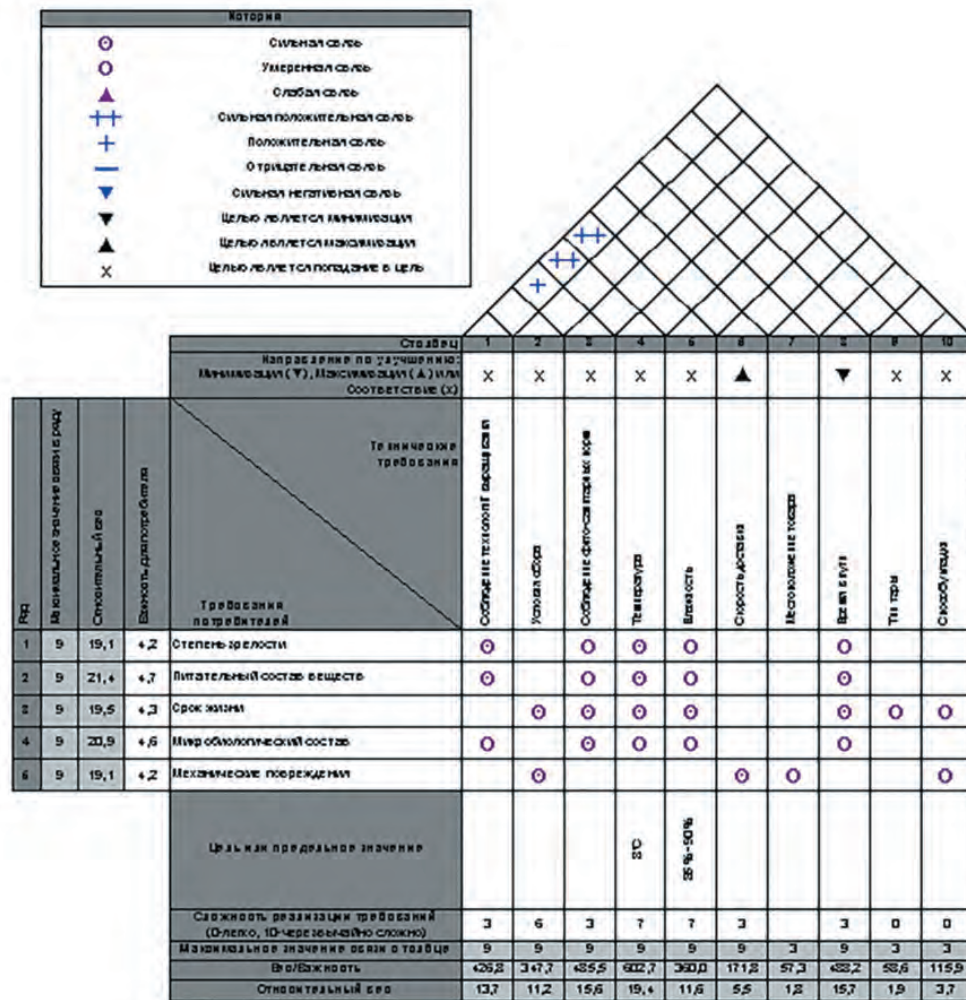


Рис. 12. "Дом качества" по хранению и доставке свежего томата.  
Fig. 12. "House of Quality" for the storage and delivery of fresh tomato.

### Литература

- Ghezavati V. R., Hooshyar S., Tavakkoli-Moghaddam R. A Benders' decomposition algorithm for optimizing distribution of perishable products considering postharvest biological behavior in agri-food supply chain: a case study of tomato // CEJOR. 2015.
- Yang Tao, Yong Li, Ruiyun Zhou et al. Neuro-fuzzy modeling to predict physicochemical and microbiological parameters of partially dried cherry tomato during storage: effects on water activity, temperature and storage time // Journal of Food Science and Technology. 2016. №53(10).
- Blackburn J., Scudder G. Supply Chain Strategies for Perishable Products: The Case of Fresh Produce // Production and Operations Management. 2009. №18(2).
- Степнова А.С. Анализ причин потерь и оптимизация системы контроля и управления качеством свежей плодовоовощной продукции в крупных торговых компаниях / А.С. Степнова, Н.В. Киселева // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – №2.
- Приймак Е.В. Применение метода QFD для улучшения качества продукции хлебо-булочной промышленности / Е.В. Приймак, А.М. Мухаметшина, Т.Н. Шигабиев // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2011. – С. 99-101.
- Milic D., Borkovic J., Vucina A. Modification of the QFD method for determining newspaper characteristics // Tehnicki vjesnik. 2017. №3.
- Hartono M., Santoso A., Prayogo D. N. How Kansei Engineering, Kano and QFD can improve logistics services // International Journal of Technology. 2017.
- Пикалева А.С. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СВЕЖЕГО ТОМАТА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ. Овощи России. 2018;(2):88-92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-2-88-92>
- Вашуков Ю.А. QFD: Разработка продукции и технологических процессов на основе требований и ожиданий потребителей / Ю.А. Вашуков, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2012. – С. 6-20.
- Хамханова Д.Н. Основы квалиметрии: учеб.пособие. Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2003. – С.86-88.
- Киселева Н.В. Прогнозирование качества импортной продукции для крупных сетевых ретейлеров / Н.В. Киселева, А.С. Степнова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2015. – №14(248).
- Киселева Н.В. Концепция прогнозирования и формирования качества импортных товаров категории фреш / Н.В. Киселева, А.С. Степнова // Логистика и управление цепями поставок. – 2016. – №2(73).

### References

- Ghezavati V. R., Hooshyar S., Tavakkoli-Moghaddam R. A Benders' decomposition algorithm for optimizing distribution of perishable products considering postharvest biological behavior in agri-food supply chain: a case study of tomato // CEJOR. 2015.
- Yang Tao, Yong Li, Ruiyun Zhou et al. Neuro-fuzzy modeling to predict physicochemical and microbiological parameters of partially dried cherry tomato during storage: effects on water activity, temperature and storage time // Journal of Food Science and Technology. 2016. №53(10).
- Blackburn J., Scudder G. Supply Chain Strategies for Perishable Products: The Case of Fresh Produce // Production and Operations Management. 2009. №18(2).
- Stepnova A.S. Analysis of the causes of losses and optimization of the system of control and quality management of fresh fruits and vegetables in large trading companies / A.S. Stepnova, N.V. Kiseleva // Competitiveness in the global world: economy, science, technology. 2017. №2.
- Priymak E.V. Application of the method QFD to improve product quality for bakery industry / E.V. Priymak, A.M. Mukhametshina, T.N. Shigabiev // Scientific notes of the Kazan state Academy of veterinary medicine of N.E. Bauman. 2011. P.99-100.
- Milic D., Borkovic J., Vucina A. Modification of the QFD method for determining newspaper characteristics // Tehnicki vjesnik. 2017. №3.
- Hartono M., Santoso A., Prayogo D.N. How Kansei Engineering, Kano and QFD can improve logistics services // International Journal of Technology. 2017.
- Pikaleva A.S. TEMPERATURE DYNAMICS OF FRESH TOMATO QUALITY INDICATORS DURING STORAGE. Vegetable crops of Russia. 2018;(2):88-92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-2-88-92>
- Vashukov Yu.A. QFD: Product and process development based on customer requirements and expectations: method. instructions / Yu.A. Vashukov, A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina. Samara: Samar. state aerospace. univ., 2012. P.16-20.
- Hamhanova D.N. The basics of qualimetry: proc.benefit. Ulan-Ude: VSGTU publishing House, 2003. P.86-88.
- Kiseleva N.V. Forecasting the quality of imported products for large network retailers / N.V. Kiseleva, A.S. Stepnova // Financial Analytics: problems and solutions. 2015. №14 (248).
- Kiseleva N.V. The concept of forecasting and quality formation of imported goods of the fresh category / N.V. Kiseleva, A.S. Stepnova // Logistics and supply chain management. 2016. №2 (73).