

УДК 664.8.032 : 634.23

DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-72-77

**О. В. Васишлина,**

кандидат с.-г. наук, доцент,

Уманський національний університет садівництва (м. Умань), Україна

ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПЛОДІВ ВИШНІ ПРОТЯГОМ ЗБЕРІГАННЯ МЕТОДОМ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ПЛЕЯД

У статті показано взаємозв'язок між фізико-хімічними показниками плодів вишні, попередньо оброблених полісахаридними композиціями, протягом зберігання за методом кореляційних плеяд. Оскільки плоди вишні швидко псуються, якість їх погіршується вже після збору врожаю, що призводить до мікробіологічного псування, втрат маси. Важливим чинником, що запобігає мікробному псуванню плодів, є їх правильне зберігання та пакування. Метою досліджень було встановлення взаємозв'язку між фізико-хімічними показниками плодів вишні, попередньо оброблених полісахаридними композиціями, перед зберіганням за методом кореляційних плеяд. Об'єктом дослідження були плоди вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка. Для досліджень плоди обприскували розчином саліцилової кислоти; хітозану з саліциловою кислотою, висушували, знімали у споживчій стадії стиглості, закладали на зберігання. За контроль приймали необроблені плоди.

Фізико-хімічні показники плодів вишні протягом зберігання взаємопов'язані між собою і складають одну кореляційну плеяду в якій основним показником індикатором є інтенсивність дихання. Попередня обробка розчином хітозану із саліциловою кислотою позитивно вплинула на збереження якості плодів вишні. Значні зміни протягом зберігання відбулись за обробки плодів вишні хітозаном із саліциловою кислотою. Між інтенсивністю дихання та активністю ферменту каталази ($r = -0,95$ і $-0,93$) та вмістом дубильних і барвних речовин ($r = -0,94$ і $-0,91$) знайдено сильні кореляційні залежності. Проведені розрахунки дали змогу вивести рівняння регресії, за якими можна спрогнозувати активність каталази та вміст дубильних і барвних речовин плодів вишні, знаючи інтенсивність дихання протягом зберігання.

Ключові слова: плоди вишні, фізико-хімічні показники, метод кореляційних плеяд, саліцилова кислота, хітозан, зберігання.

O. V. Vasylyshyna,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

ESTABLISHMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF CHERRY FRUITS DURING STORAGE BY THE CORRELATION PLEYADE METHOD

The article shows the relationship between the physicochemical parameters of cherry fruits, pre-treated with polysaccharide compositions, during storage by the method of correlation galaxies. Since cherry fruits spoil quickly, their quality deteriorates after harvest, which leads to microbiological spoilage, weight loss. An important factor in preventing microbiological spoilage of fruits is their proper storage and packaging. The aim of the study was to establish the relationship between the physicochemical parameters of cherry fruits, pre-treated with polysaccharide compositions, before storage by the method of correlation galaxies. The object of study were the fruits of cherries varieties Alpha and Memory Artemenko. For research, the fruits were sprayed with a solution of salicylic acid; chitosan with salicylic acid, dried, removed at the consumer stage of maturity, laid down for storage. Unprocessed fruits took control.

Physico-chemical parameters of cherry fruits during storage are interconnected and form one correlation galaxy in which the main indicator is the intensity of respiration. Pre-treatment with a solution of chitosan with salicylic acid had a positive effect on maintaining the quality of cherry fruits. Significant changes during the storage of cherry fruits occurred during the treatment of chitosan fruits with salicylic acid. Strong correlations were found between the intensity of respiration and the activity of the catalase enzyme ($r = -0,95$ and $-0,93$) and the content of tannins and dyes ($r = -0,94$ and $-0,91$). The calculations made it possible to derive regression equations that allow predicting the activity of catalase and the content of tannins and dyes of cherry fruits knowing the intensity of respiration of fruits during storage.

Key words: cherry fruits, physicochemical parameters, correlation galaxy method, salicylic acid, chitosan, storage.

Постановка проблеми. Плоди вишні – швидкопсувний продукт, якість якого погіршується після збору врожаю, що призводить до мікробного псування, втрати маси і розвитку хвороб [1]. Важливим чинником, що запобігає мікробному псуванню плодів, є їх правильне зберігання та пакування [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відповідно до Директиви ЄС №95/2/ЄС 1995 року та Регламенту (ЄС) (1333/2008) їстівні покриття складаються

з харчових інгредієнтів, харчових добавок, речовин, що знаходяться в прямому контакті з продуктами харчування або упаковками для харчових продуктів. Вони включені до їстівної частини продуктів і тому повинні відповідати регламентованим вимогам до компонентів, що містяться в їжі.

Оскільки для упаковки свіжих фруктів і овочів використовують синтетичні плівки, які не розкладаються біологічно і накопичуються в навколишньому середовищі,

це може бути причиною екологічного дисбалансу та забруднення екосистем. Тому виникла необхідність розробки полісахаридних покриттів, які є найкращою альтернативою пластику [3].

Нині існує низка поточних інновацій та розробок для підтримки якості вишні за допомогою ланцюга поставок. До них належить застосування природних сполук, їстівні покриття та плівки, нова упаковка (активна упаковка, нанотехнології, тощо) [4].

Серед різних типів біовідновлювальної біодеградабельної упаковки їстівні покриття і плівки є об'єктом нового напрямку досліджень. На сьогодні основними плівкоутворювальними компонентами в складі їстівної упаковки є білки, жири і вуглеводи (крохмаль, хітозан, альгірати, карагенан, пектин, полісахариди) [5].

За прогнозом американської консалтингової групи Innovative Research and Products (IRAP), обсяг світового ринку нанопакетів для харчових продуктів має зрости. Використання таких упаковок обіцяє і збільшення терміну зберігання харчових продуктів, і зменшення відходів.

Перспективними є матеріали з додатковими функціями – «їстівні», бактерицидні упаковки (розчиняються у воді і розкладаються під впливом мікроорганізмів), ті, що швидко і безпечно розкладаються, тощо [6]. Найчастіше використовуються полісахариди, хітозан та альгірати [7]. Це полімерні вуглеводи, які складаються з моносахаридів, пов'язаних між собою глікозидними зв'язками. Ці сполуки широко доступні в природі, входять до складу водоростей, рослин, мікроорганізмів та тварин [5].

Хітозан – полісахарид, отриманий з рибних відходів, має чудові бар'єрні властивості і забезпечує певний рівень антимікробної активності. Хітозанове покриття утворює напівпроникну плівку на поверхні плодів, затримує швидкість дихання, знижує втрату ваги, підтримує якість та продовжує термін зберігання плодів.

Дослідження ряду авторів доводять ефективність використання полісахаридних покриттів. Різні дослідники виявили, що целюлозні покриття та їх похідні сповільнюють окислення жирів, що містяться в продуктах харчування, сповільнюють дозрівання бананів, зберігають властивості та якість нарізаного манго, підвищують блиск цитрусових фруктів, сповільнюють дозрівання та дихання, зменшують зміни кольору, текстури та продовжують термін зберігання авокадо.

На думку деяких авторів, покриття з хітозану ефективно сповільнюють зміни якості, продовжують термін зберігання манго [8].

Нанесення багатопрошарового харчового покриття, що складається з 2 г/100г трансциннамальдегіду, 2 г/100г хітозану та 1 г/100 г пектину дало змогу продовжити термін зберігання свіжозрізаної дині до 9 днів [9].

Результати досліджень показали, що при попередній обробці олігохітозаном, саліциловою кислотою та *P. membranaefaciens*, захворюваність та діаметр ураження, заражених цитрусових *G. candidum*, були значно зменшені [10].

Хітозанове покриття сприятливо впливає на збереження твердості, титруючої кислотності, вмісту вітаміну С та антоціанів в полуниці та малині, що зберігалися при температурі 4 °C [11, 12].

Розвиток наукових досліджень і прикладних розробок з виробництва їстівних плівок і покриттів на основі полісахаридів є перспективним напрямком для вирішення нових завдань національної продовольчої безпеки.

Мета дослідження – встановлення взаємозв'язку між фізико-хімічними показниками плодів вишні, попередньо оброблених полісахаридними композиціями перед зберіганням, за методом кореляційних плеяд.

Методика дослідження. Дослідження проводили з плодами вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка. Для проведення досліджень плоди з 15 дерев кожного сорту за день до збирання врожаю обприскували розчином 100 мг/л саліцилової кислоти; 1% розчином хітозану з саліциловою кислотою (100 мг/л). Знімали з дерев

у споживчій стадії стиглості, кожного сорту та виду обробки, закладали в ящики №5 вагою 5 кг на зберігання при температурі $1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря $95 \pm 1\%$. За контроль приймали необроблені плоди вишні. Повторність досліду трикратна.

У плодах протягом зберігання визначали вміст сухих розчинних речовин [13], цукру – ферриціанідним методом [14], титрованих кислот – титриметричним [15], аскорбінової кислоти – йодометричним [13], дубильних і барвних речовин за методом Нейбауера і Левенталя [13], інтенсивність дихання [13], втрату маси [13], щільність [13], активність каталази та аскорбатпероксидази – за Починком [16].

Математичну обробку даних проводили за В.Ф. Мойсейченком [17] з використанням програми *Statistica*.

Методом кореляційних плеяд [18–20] визначали залежність між компонентами хімічного складу плодів вишні. Для цього:

1. Використовуючи статистичний аналіз сучасного програмного забезпечення, вираховували коефіцієнти кореляції між встановленими атрибутами для певної кількості з'єднань, число яких $C = N(N-1)/2$, де: C – кількість з'єднань, N – кількість символів.

2. Була побудована кореляційна матриця залежностей, в якій були вилучені коефіцієнти кореляції при достовірному рівні $p < 0,05$.

3. Побудовано кореляційне кільце, в якому визначалися первинні центри зв'язку.

4. Встановлено ступінь залежності між якісними характеристиками: вміст сухих розчинних речовин, %; титрованих кислот (в перерахунку на яблучну кислоту), %; цукрів %; дубильних і барвних речовин, %; аскорбінової кислоти, мг/100 г; втрат маси, %; інтенсивність дихання $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$; активність каталази та аскорбатпероксидази, мкмоль/хв.

Основні результати дослідження. Як видно з даних табл. 1 інтенсивність дихання плодів вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка тісно і обернено корелювала із вмістом сухих розчинних речовин ($r = -0,99$), цукрів ($r = -1,00$), титрованих кислот ($r = -0,99$) та аскорбінової кислоти ($r = -1,00$). І це очевидно, так як хімічні компоненти в процесі зберігання плодів вишні витрачалися на дихання.

Втрати маси протягом зберігання плодів вишні тісно корелювали із вмістом титрованих кислот ($r = 0,99$).

У плодах вишні сорту Пам'ять Артеменка в процесі дихання інтенсивніше знижується вміст сухих розчинних речовин ($r = -0,99$), аскорбінової кислоти ($r = -1,00$) та зменшується активність ферменту аскорбатпероксидази ($r = -1,00$). Зміни хімічного складу плодів протягом зберігання впливають на втрати маси ($r = -1,00$) та твердості ($r = -0,99$).

Обробка плодів вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка розчином хітозану із саліциловою кислотою значно вплинула на проходження основного фізіологічного процесу – дихання в плодах вишні протягом зберігання (табл. 1, рис.1, 2).

Активними учасниками в процесі дихання були крім сухих розчинних речовин ($r = -0,9$ і $-0,8$), титрованих кислот ($r = -0,76$ і $-0,77$), аскорбінова кислота ($r = -0,88$ і $-0,82$), цукор ($r = -0,94$ і $-0,69$) також дубильні і барвні речовини ($r = -0,94$ і $-0,91$).

Із зміною інтенсивності дихання плодів вишні значно змінювались і втрати маси ($r = -0,74$ і $-0,72$) разом із вмістом: сухих розчинних речовин, аскорбінової кислоти, загального цукру та активністю ферменту аскорбатпероксидази ($r = 0,92$). Також на інтенсивність дихання впливала активність ферментів антиоксидантного комплексу: каталази ($r = 0,95$ і $0,93$) та аскорбатпероксидази ($r = -0,79$ і $-0,64$). При чому активність ферменту каталази впливала більшою мірою.

З рисунку 1 видно, що інтенсивність дихання плодів вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка, оброблених розчином хітозану із саліциловою кислотою, має тісний та сильний зв'язок із вмістом дубильних і барвних речовин ($r = -0,94$ і $-0,91$) та активністю каталази ($r = 0,95$ і $0,93$).

Матриця парних кореляцій фізико-хімічними показниками плодів вишні сорту Альфа протягом зберігання

| Показник | Інтенсивність дихання, мл CO ₂ /кг*год | Втрати маси, % | Вміст сухих розчинних речовин, % | Вміст титрованих кислот, % | Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г | Активність каталази, мкмоль/хв | Активність аскорбатпероксидази, мкмоль/хв | Твердість, кг/см ² | Вміст загального цукру, % | Вміст дубильних і барвних речовин, % |
|---|---|----------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Контроль (плоди без обробки) | | | | | | | | | | |
| Інтенсивність дихання, мл CO ₂ /кг*год | 1,000 | -0,995 | -0,998 | -0,998 | -1,000 | 0,899 | -0,986 | -0,965 | -1,000 | -0,481 |
| Втрати маси, % | -0,995 | 1,000 | 0,985 | 0,999 | 0,997 | -0,939 | 0,963 | 0,987 | 0,997 | 0,570 |
| Вміст сухих розчинних речовин, % | -0,998 | 0,985 | 1,000 | 0,992 | 0,996 | -0,867 | 0,995 | 0,945 | 0,996 | 0,421 |
| Вміст титрованих кислот, % | -0,998 | 0,999 | 0,992 | 1,000 | 0,999 | -0,923 | 0,974 | 0,979 | 0,999 | 0,531 |
| Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г | -1,000 | 0,997 | 0,996 | 0,999 | 1,000 | -0,908 | 0,982 | 0,971 | 1,000 | 0,500 |
| Активність каталази, мкмоль/хв | 0,899 | -0,939 | -0,867 | -0,923 | -0,908 | 1,000 | -0,812 | -0,982 | -0,908 | -0,817 |
| Активність аскорбатпероксидази, мкмоль/хв | -0,986 | 0,963 | 0,995 | 0,974 | 0,982 | -0,812 | 1,000 | 0,908 | 0,982 | 0,327 |
| Твердість, кг/см ² | -0,965 | 0,987 | 0,945 | 0,979 | 0,971 | -0,982 | 0,908 | 1,000 | 0,971 | 0,693 |
| Вміст загального цукру, % | -1,000 | 0,997 | 0,996 | 0,999 | 1,000 | -0,908 | 0,982 | 0,971 | 1,000 | 0,500 |
| Вміст дубильних і барвних речовин, % | -0,481 | 0,570 | 0,421 | 0,531 | 0,500 | -0,817 | 0,327 | 0,693 | 0,500 | 1,000 |
| Дослід (оброблені плоди розчином саліцилової кислоти та хітозаном) | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Інтенсивність дихання, мл CO ₂ /кг*год | 1,000 | -0,724 | -0,904 | -0,764 | -0,881 | 0,951 | -0,796 | -0,629 | -0,597 | -0,944 |
| Втрати маси, % | -0,724 | 1,000 | 0,894 | 0,970 | 0,936 | -0,700 | 0,920 | 0,953 | 0,958 | 0,619 |
| Вміст сухих розчинних речовин, % | -0,904 | 0,894 | 1,000 | 0,924 | 0,975 | -0,911 | 0,889 | 0,771 | 0,773 | 0,836 |
| Вміст титрованих кислот, % | -0,764 | 0,970 | 0,924 | 1,000 | 0,972 | -0,725 | 0,952 | 0,856 | 0,869 | 0,655 |
| Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г | -0,881 | 0,936 | 0,975 | 0,972 | 1,000 | -0,841 | 0,962 | 0,817 | 0,809 | 0,778 |
| Активність каталази, мкмоль/хв | 0,951 | -0,700 | -0,911 | -0,725 | -0,841 | 1,000 | -0,687 | -0,595 | -0,599 | -0,981 |
| Активність аскорбатпероксидази, мкмоль/хв | -0,796 | 0,920 | 0,889 | 0,952 | 0,962 | -0,687 | 1,000 | 0,824 | 0,788 | 0,620 |
| Твердість, кг/см ² | -0,629 | 0,953 | 0,771 | 0,856 | 0,817 | -0,595 | 0,824 | 1,000 | 0,987 | 0,518 |
| Вміст загального цукру, % | -0,597 | 0,958 | 0,773 | 0,869 | 0,809 | -0,599 | 0,788 | 0,987 | 1,000 | 0,523 |
| Вміст дубильних і барвних речовин, % | -0,944 | 0,619 | 0,836 | 0,655 | 0,778 | -0,981 | 0,620 | 0,518 | 0,523 | 1,000 |

Примітка. Напівжирним виділено коефіцієнти кореляції, достовірні на 5% рівні значущості.

Тому між цими показниками та інтенсивністю дихання плодів вишні виведено рівняння регресії (рис. 2).

Отже, фізико-хімічні показники плодів вишні протягом зберігання залежать від інтенсивності дихання.

Попередня обробка плодів вишні розчином саліцилової кислоти з хітозаном дала змогу вплинути на перебіг фізико-хімічних процесів протягом зберігання плодів. Значні зміни протягом зберігання плодів вишні відбулись

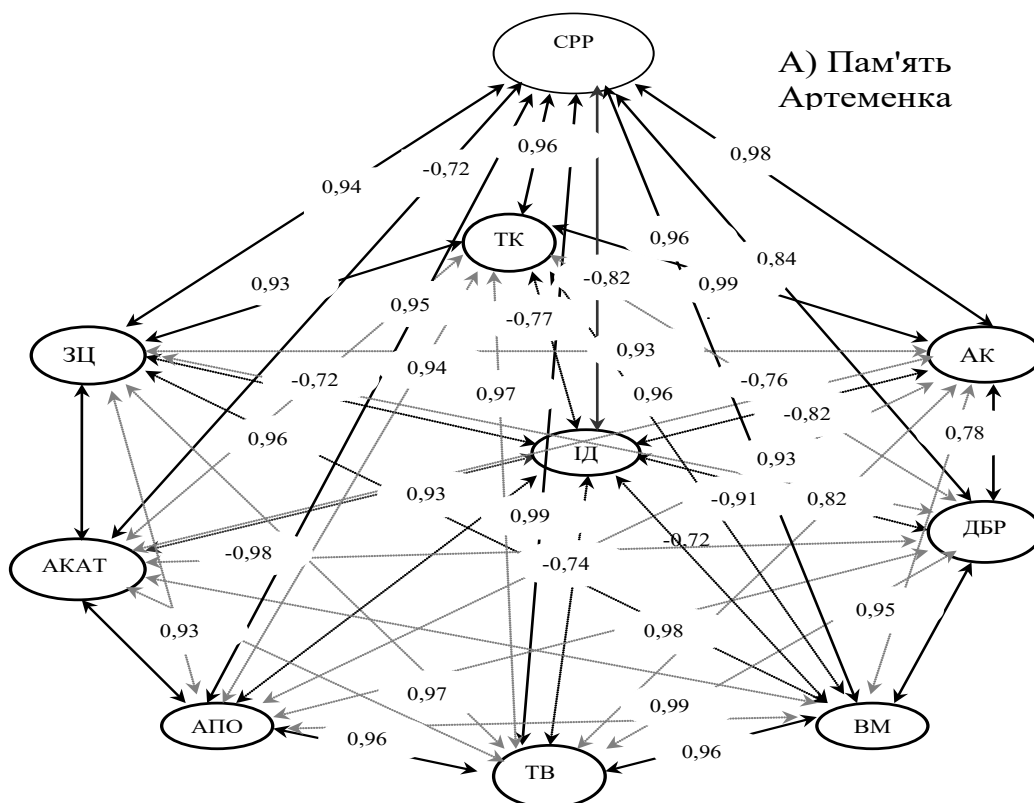
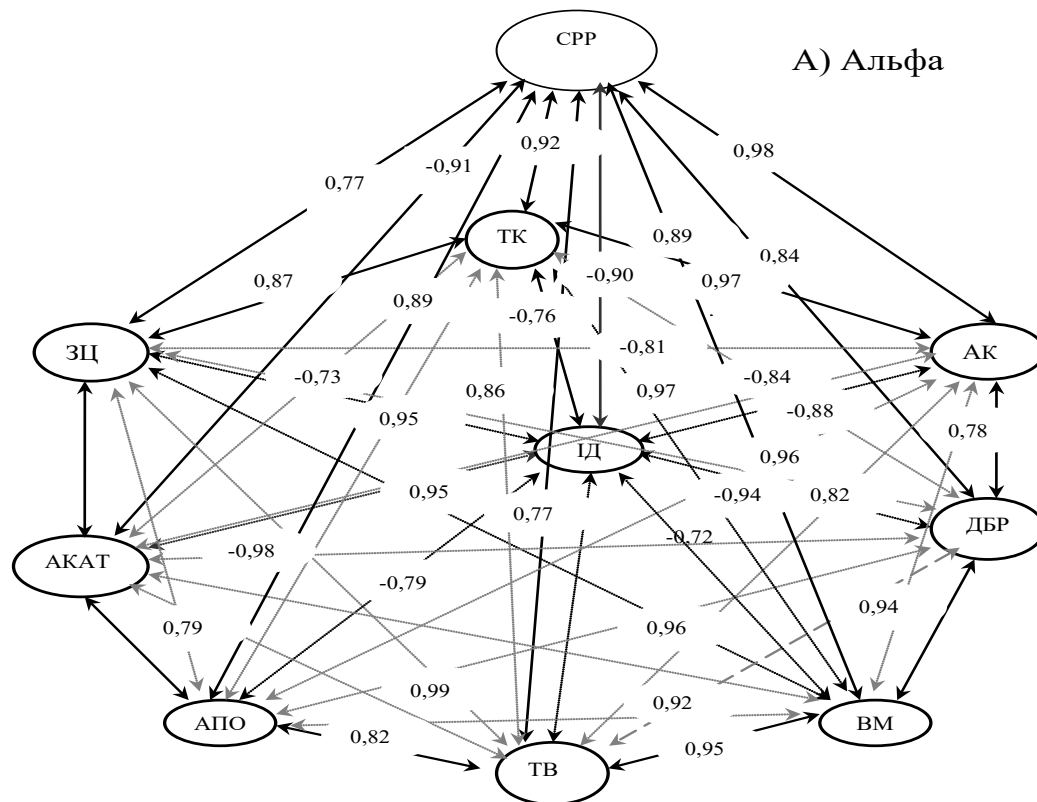


Рис.1 Кореляційні плеяди залежності між фізико-хімічними показниками плодів вишні, оброблених хітозаном із саліциловою кислотою, протягом зберігання: СРР– сухі розчинні речовини, ЗЦ- загальний цукор, ТК- титровані кислоти, АК - аскорбінова кислота, ДБР - дубильні і барвні речовини, ІД-- інтенсивність дихання, ВМ - втрати маси, ТВ - твердість, АПО- активність пероксидази, АКАТ- активність каталази;

Примітка. Наведено коефіцієнти кореляції, що достовірні на 5% рівні значущості.

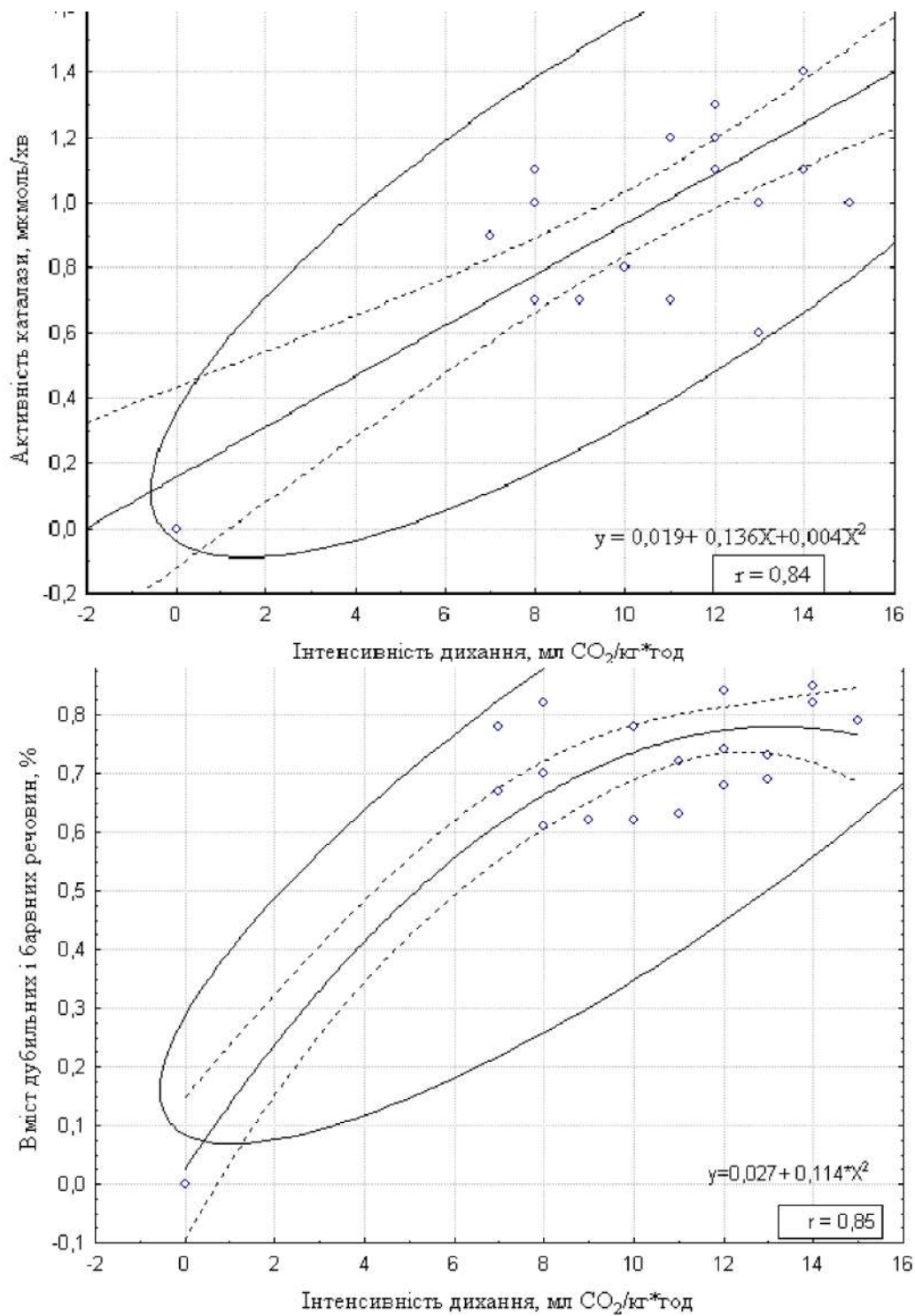


Рис.2 Рівняння регресії та кореляційна залежність між: а) інтенсивністю дихання й активністю каталази; б) інтенсивністю дихання та вмістом дубильних і барвних речовин плодів вишні сортів Альфа та Пам'ять Артеменка, оброблених розчином саліцилової кислоти з хітозаном

за обробки плодів хітозану із саліциловою кислотою в активності ферменту каталази ($r = -0,95$ і $-0,93$) та вмісту дубильних і барвних речовин ($r = -0,94$ і $-0,91$).

Висновки.

Фізико-хімічні показники плодів вишні за період зберігання взаємопов'язані між собою і складають одну кореляційну плеяду, в основі якої є інтенсивність дихання. Попередня обробка розчином хітозану із саліциловою кислотою позитивно вплинула на збереження якості плодів вишні.

Між інтенсивністю дихання й активністю ферменту каталази ($r = -0,95$ і $-0,93$) та вмістом дубильних і барвних речовин ($r = -0,94$ і $-0,91$) встановлено сильні кореляційні залежності та виведені рівняння регресії.

Отримані рівняння регресії дають змогу спрогнозувати активність каталази й уміст дубильних і барвних речовин плодів вишні знаючи інтенсивність дихання плодів за період зберігання.

References

1. Golding, J. Review of international best practice for postharvest management of sweet cherries 92p.
2. Dubinina, A.A., Letuta, T.M., Novikova, V.V., Frolova, T.V. (2016). The current state of development of technologies for storage of fruits and vegetables. *A young scientist*, 11 (38), P.23–29. (in Ukrainian).
3. Radev, R.S. (2017). Influence of polysaccharide coatings on the quality and changes in storage of fresh fruits and vegetables. *Notifications. Journal of the University of Economics*, 61 (3), P. 248 –266. (in Bulgarian).
4. Romanazzi, G., Feliziani, E., Bautista, B.S., Sivakumar, D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57:3, P.579–601.
5. Merino, D., Casalougué, C., Ivarez, V. (2017). Polysaccharides as Eco-Nanomaterials for Agricultural Applications. *Handbook of Ecomaterials*. Springer International Publishing.
6. Bal-Prilipko, L., Leonova, B., Tolok, G., Brona, A. (2016). The role of packaging in maintaining food quality. *Food industry agro-industrial complex*, 5, P.32–37. (in Ukrainian).
7. Fritz, A.R.M., Fonseca de Matos, J., Trevisol, T. C., Fagundes, C., Valencia, G.A. (2019). Active, eco-friendly and edible coatings in the post-harvest – A critical discussion. *Polymers for Agri-Food Applications*. P. 433–463.
8. Radev, R., Dimitrov, G. (2017). Food quality with edible coatings. Quality and safety of consumer goods. *Proceedings of a round table with international participation. Varna. 2017. P.95 –109 (Quality and safety of consumer goods. Articles from a round table with international participation)*. (in Bulgarian).
9. Martino, E.M., Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., Gomes, C. (2014). Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelflife extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L.*) stored at 4°C. *LWT- Food Science and Technology*, 56(2), P.341–350.
10. Wang, S., Zhou, Y., Luo, W., Deng, L., Yao, S., Zeng, K. (2020). Primary metabolites analysis of induced citrus fruit disease resistance upon treatment with oligochitosan, salicylic acid and *Pichia membranaefaciens*. *Biological Control*, 148, 104289.
11. Zhang, D., Quantick, P.C. (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of horticultural science and biotechnology*, 73:6, P.763–767.
12. Vasilishina, O.V. (2019). Optimization of cherry fruit storage with pre-treatment with chitosan solution. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 3, (103). P.80–87 (in Ukrainian).
13. Naychenko, V.M. (2001). Workshop on the technology of storage and processing of fruits and vegetables with the basics of commodity science: a textbook. Kyiv: FADA LTD, 211 p. (in Ukrainian).
14. Products of processing fruits and vegetables. Methods for determining sugars: DSTU 4954:2008. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2009. 17 p. (in Ukrainian).
15. Products of processing fruits and vegetables. Methods for determination of titrated acidity: DSTU 4957: 2008. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine, 2009. 10c. (in Ukrainian).
16. Poshinok, H.N. (1976). Methods of biochemical analysis of plants. Kyiv: Naukova Dumka, 334 p. (in Russian).
17. Moiseichenko, V.F. (1992). *Osnovy naukovykh doslidzhen u plodivnytstvi, ovochivnytstvi, vynohradarstvi ta tekhnologii zberihannia plodoovochevoi produktsii*. Kyiv: NMK VO, 362p. (in Ukrainian).
18. Zaitsev, N.G., Terentyeva, P.V. (1975). General biological significance of biometric research. *Biometric methods*. Moscow: Moscow University, P. 11–19. [in Russian].
19. Terentyev, P.V. (1960). Further development of the method of correlation pleiades. The use of mathematical methods in biology. L.: Leningrad State University, P. 27–18. (in Russian).
20. Steppan, S.J. (1997). Phylogenetic analysis of phenotypic covariance structure. I. Contasting results from matrix correlations and common principal components analysis. *Evolution*, 51(2). P. 571–586.