

Автор еф.

P 15.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

РАДЧУК АНАТОЛИЙ ЕВГРАФОВИЧ

УДК 664.853.62523

ПРОЦЕСС ПЕРЕРАБОТКИ ВИНОГРАДА МАШИННОЙ УБОРКИ И ЕГО
АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых
производств

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Одесса - 1989

тройства и определение режимов, обеспечивающих приготовление из сока высококачественной продукции.

Для достижения цели необходимо решить задачи:

- обосновать способ и устройство для предварительного отбора сока в процессе механизированной уборки винограда;
- определить кинетические закономерности процесса разрушения виноградной массы и извлечения сока в устройстве для предварительного отжатия сока;
- определить режимы работы устройства, соответствующие производительности комбайна для уборки винограда;
- рассчитать конструктивные и кинематические параметры отжимного устройства, применительно к технологической схеме машинной уборки;
- определить характеристики сока, обеспечивающие заданное качество готовой продукции;
- разработать методику расчета производительности прессующего устройства и рассчитать экономическую эффективность технологической линии прямого комбайнового винограда.

Научная новизна состоит в:

- обосновании и экспериментальном подтверждении способа частичного предварительного отжатия сока с применением тонкослойного прессования в процессе машинной уборки винограда /А.С. № 1271436, 1271437/, обеспечивающее заданное качество готовой продукции;
- установлении кинетических закономерностей отжатия сока из виноградной массы машинной уборки методом тонкослойного прессования путем последовательного напрессования слоев отжатой массы;
- определении конструктивных параметров, режимов и других характеристик технологической линии, включающей модифицированный пресс ВП-20 при переработке частично обессушенной массы винограда комбайновой уборки, обеспечивающие нормативные характеристики виноградного сока.

Практическая значимость результатов диссертации. Разработано и внедрено в производство устройство отделения сока в процессе уборки винограда, обеспечивающее получение высококачественного сока сокращающее время переработки до 1 мин. Определена экономическая целесообразность технологической линии по пере-

работке частично обессушенной виноградной мезги.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывали на республиканской научно-технической конференции "Основные направления комплексного использования сырья в пищевой промышленности и увеличение выпуска продукции из единицы сырья" /апрель 1983г., г.Бинница/, на отчетных научно-технических конференциях ОТГПП им.М.В.Ломоносова 1985...1988гг, демонстрировались на ЕДНХ УССР /Одесса, 1986г./.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в т.ч. два авторских свидетельства.

На защиту выносятся:

- теоретические предпосылки метода и устройства отбора сока в процессе уборки винограда путем последовательных наслоений отжатой массы;
- кинетические закономерности и режимы процесса тонкослойного прессования виноградной массы машинного сбора с последовательным наслоением отжатой массы;
- методика расчета характеристик процесса прессования и линии для переработки частично обессушенной массы винограда комбайновой уборки.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 21 таблицу, 20 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе изложены основные сведения о машинной уборке и последующей переработке винограда. Показана необходимость машинного сбора винограда в целях сокращения затрат ручного труда, времени уборки урожая, уменьшения потерь сока и снижения стоимости переработки. Установлено, что компактное, экономичное оборудование для отбора сока непосредственно во время уборки урожая серийно не изготавливается. На основе сравнительного анализа качества сырья показаны пути решения проблемы переработки винограда машинной уборки, создания оборудования и технологической линий, обеспечивающих непрерывность уборки и переработки при сохранении высокого качества сока.

Во второй главе изложено научное обоснование и разработка метода предварительного отбора сока из виноградной массы машинной уборки. Согласно существующим теоретическим представлениям производительность процесса извлечения сока зависит от толщины прессуемого слоя, прочности клеточных оболочек и на первом этапе сокоотделения пропорциональна относительно содержанию сока в сырье, степени его отбора, давлению и площади дренажной поверхности.

Показано, что применение метода тонкослойного прессования при отжатии сока обеспечивает более низкое удельное сопротивление осадка. Основное сопротивление при прессовании оказывают процессы разрушения сокодержательных клеток винограда и разрыва кожицы виноградных ягод. Для описания процесса сокоотделения использовали теорию консолидации, согласно которой мезга при прессовании является сложной нелинейной пластично-вязкой сжимаемой средой, описываемой сочетанием различных реологических моделей. Обобщенной характеристикой этих свойств является константа прессования C , являющаяся аналогом коэффициентов температуропроводности и диффузии и характеризующая гидравлические потери при течении жидкости в слое осадка и выходит в линейное уравнение Терцаги в качестве постоянной

$$\frac{\partial p}{\partial t} = C \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \quad (1)$$

и определяется по формуле

$$C = G / M \cdot z \quad (2)$$

где G - модуль сжатия, Па; z - удельное сопротивление осадка, м⁻²; M - динамическая вязкость, Па·с; p - давление, Па; t - время, с; x - координата, м.

В связи со сложностями определения численных значений модуля сжатия и удельного сопротивления осадка величину C определили по формуле, полученной в результате решения уравнения (1)

$$C = \frac{4h^2}{\pi^2 C_R} \ln \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\epsilon_n - \epsilon_k}{\epsilon - \epsilon_k} \quad (3)$$

Используя вычисленное значение коэффициента консолидации, а также сравнительно легко измеряемые величины толщины слоя, коэффициента уплотнения, сокодержания и объемной массы сока, определили критерий времени U и критерий влажности W , необходимые для определения режимов прессования и конструктивных параметров прессующего устройства

$$U = C t / h^2 \text{ и } W = (\epsilon_n - \epsilon) / (\epsilon_n - \epsilon_k) \quad (4)$$

где $h = h' / (1 - \epsilon)$ - приведенная толщина прессуемого слоя, м; h - действительная толщина слоя, изменяющаяся по мере усадки прессуемой массы, м; t - время прессования, с; $\epsilon_n, \epsilon_k, \epsilon, \epsilon_c$ - начальное, конечное, текущее и среднее сокодержание, %; ϵ_c - объемная масса сока, кг/м³.

Коэффициент C инвариантен относительно давления, толщины последовательных наслоений и изменяется для различных сортов винограда в пределах $1,39 \dots 1,61 \cdot 10^{-7}$. Для упрощения процедуры определения выхода сока из прессуемой массы и времени прессования использовали зависимость критерия влажности от критерия времени в виде асимптотически приближающейся кривой к значению $W = 1$.

В результате анализа теоретических сведений о процессе прессования установлено, что они в основном имеют качественный характер и для количественной оценки прессования неприемлемы. В связи с этим для определения режимов и конструктивных параметров технологической линии использовали экспериментальные методы. Это позволило сформулировать цели, определить задачи работы, обосновать программу, методику и выбрать план экспериментальных исследований.

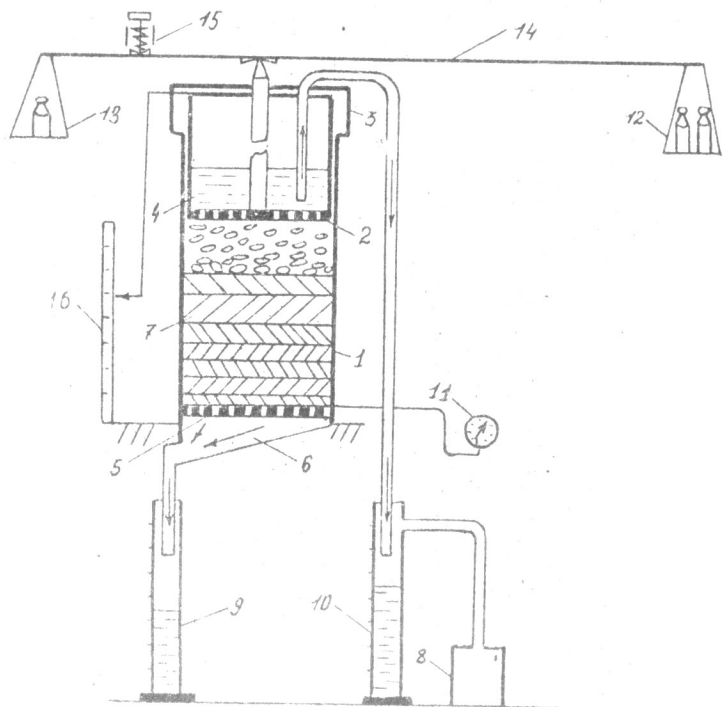
В третьей главе изложены программа и план экспериментальных исследований, методика исследования и описание экспериментальной установки для прессования сырья, перечислены приборы и средства измерения. Описана методика проведения экспериментов в лабораторных условиях, методика проведения промышленных испытаний, обработки экспериментальных данных и определения погрешности измерений.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Порции винограда определенной массы подавали в рабочее пространство пресса 7. Выделившийся сок через отверстие из верхней 4 и нижней 6 камер собирали в мерные сосуды 9 и 10. Величину заданного давления устанавливали при помощи гирь 12 и 13.

Эта методика позволила осуществить метод прессования последовательным наслоением, реализуемый в созданной нами конструкции пресса по а.с. № 1271436 и 1271437. Приведено описание опытной установки пульсирующего типа и методика ее промышленных испытаний, а также макетная установка пресса для виноградоборочной машины, соответствующая приведенным авторским свидетельствам. В заключении главы приведены данные по определению

Рис. 1 Схема лабораторной установки для тонкослойного прессования методом последовательных наслоений.

1 - цилиндр, 2 - поршень перфорированный, 3 - крышка, 4 - камера верхняя, 5 - решетка нижняя, 7 - камера сжатия, 8 - насос вакуумный, 9, 10 - цилиндры мерные, II - манометр, 12, 13 - чашки для гирь, 14 - коромысла, 15 - упор, 16 - линейка измерительная.



погрешностей измерения четырех физических величин - массы, давления, концентрации, объема.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований по определению кинетики процессов последовательного сокоотделения, режимов работы прессующего устройства методом наслоений и промышленной реализации результатов работы. Опытами установлено, что сжим сока путем последовательного прессования приводит к перекрыванию дренажных отверстий нижней камеры прессы кожцей винограда с заключенными внутри ягоды сокосодержащими клетками. Это приводит к переходу части сока в верхнюю камеру прессы, что способствует более полному извлечению сока.

Определены зависимости выхода сока и сокоосодержания отжатой массы от давления, толщины последовательных наслоений и времени приложения давления, а также зависимости качества виноградного сока от давления и особенностей различных сортов винограда. По результатам экспериментальных исследований определены константы, входящие в аналитические выражения и позволяющие вычислять характеристики режимов прессования и конструктивные параметры устройства для отжатия виноградной массы.

Определены закономерности выхода сока и сокоосодержания отжатой массы от давления прессования. В качестве примера на рис. 2 приведены графики выхода сока от времени прессования при различных значениях давления для двух сортов винограда Каберне и Ркацители. Судя по графикам после 30 секунд прессования увеличение выхода сока не происходит при всех значениях давления независимо от сорта винограда. Зависимости выхода продуктов прессования от величины давления приведены на рис. 3. Выход сока в верхней и нижней камерах растет с увеличением давления, сокоосодержание снижается. Качество сока, полученное прессованием виноградной массы машинной уборки соответствовало нормам. Повышение давления лишь незначительно снижает качество сока при заметном увеличении его выхода. В качестве примера в табл. I приведены характеристики сока Каберне и Ркацители при давлениях 0,05 и 0,06 МПа и различной толщине наслоений. Анализ экспериментальных данных позволяет заключить, что количество взвесей с увеличением толщины наслоений снижается, фенольные вещества остаются неизменными, интенсивность окраски для Каберне увеличивается.

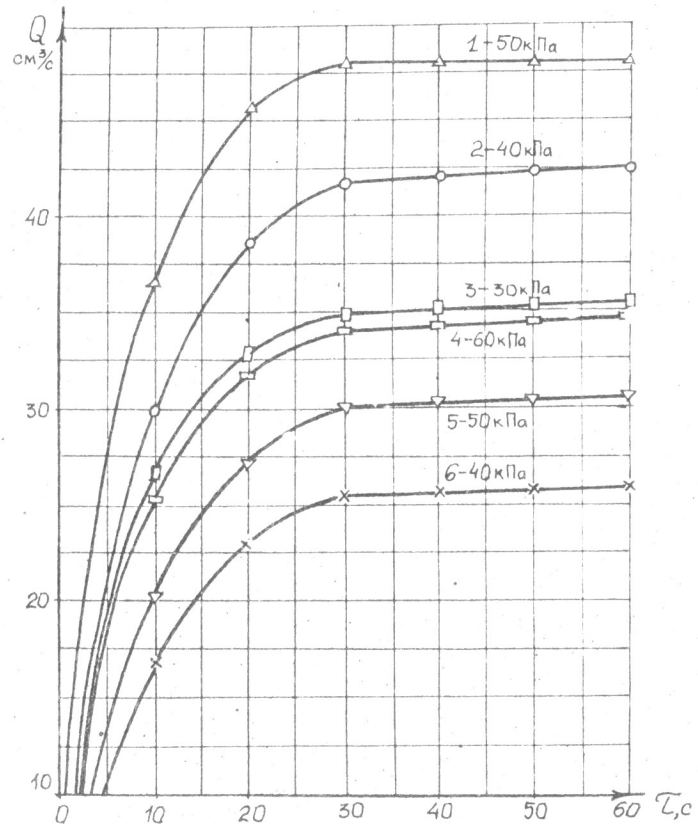


Рис. 2. Зависимость выхода сока от продолжительности прессования при различных значениях давления: 1, 2, 3 - Кабарне; 4, 5, 6 - Ркацители.

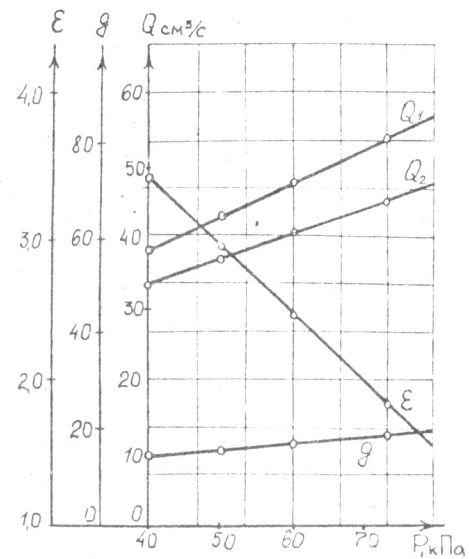


Рис. 3. Зависимости выхода продуктов прессования от величины давления.

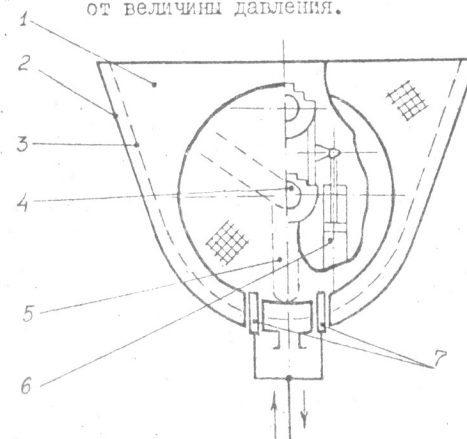


Рис. 4. Конструктивная схема тонкослойного пресса: 1 - бункер, 2 - наружная и 3 - внутренняя стенки, 4 - вал, 5 - прессующий элемент, 6 - гидроцилиндр, 7 - упор.

Полученные экспериментальные данные позволили рассчитать геометрические параметры и создать устройство для отжима сока непосредственно в бункере комбайна КВР-1.

В результате промышленных испытаний устройства /рис.4/ для получения виноградного сока при прямом комбайнировании установлена зависимость сокоотделения и качества сока от начальной толщины прессуемой массы в пределах 20...60.10⁻³ м, от давления в интервале 0,04...0,07 МПа. Выбор величины давления и толщины последовательных наслоений обуславливается достижением заданной степени отжатия винограда и зависит от структурных особенностей перерабатываемого сырья, урожайности, скорости движения виноградуборочной машины. Сравнительная физико-химическая характеристика соков, полученных на типовой линии переработки винограда ВПН-20 и линии использования метода прямого комбайнирования показала, что качество виноградного сока, полученного с применением разработанного нами устройства, значительно выше. Это можно объяснить сокращением времени мацерации твердых частей винограда соком до 40 с и исключением перетирания виноградной массы, способствующих переходу в сок фенольных и других высокомолекулярных веществ.

Предложено математическое выражение для определения производительности навесного пресса в зависимости от заданной величины остаточного сокоосодержания

$$Q = \frac{V \cdot \rho_v (\epsilon_n - \epsilon_k) \cdot K}{\epsilon (1 + \epsilon_n)} \cdot 100 \text{ г/т.к.}$$

В конце главы изложены результаты испытаний пресса и технологической линии приготовления сока из винограда машинной уборки. Определены параметры работы линии при переработке частично обесусушенной мякоти и характеристики полученного сока. В качестве примера в таблице 1 приведены качественные характеристики сока в зависимости от толщины последовательных наслоений для двух сортов винограда, а в табл. 2 результаты промышленных испытаний пресса ВПН-20. Приведены расчеты экономической эффективности внедрения устройства для отжатия сока при прямом комбайнировании и линии по переработке винограда машинной уборки.

Анализ данных таблиц 1 и 2 позволяет заключить, что с увеличением толщины наслоений качество сока улучшается. С увеличением частоты пульсаций производительность и выход сока возрастают, расходы энергии увеличиваются и качество сока снижается. Давление в рабочей зоне увеличивается незначительно. С увеличе-

Таблица 1

Характеристики виноградного сока в зависимости от толщины последовательных наслоений

Толщина наслоен. м. 10 ⁻³ м	Взвеси г/дм ³	Фенольные вещества г/дм ³	Характеристики цвета	
			интенсивность окраски	оттенок окраски
Каберне $\rho = 0,05$ МПа				
14	24,1	0,26	2,55	0,77
20	23,2	0,24	3,00	0,78
40	21,0	0,27	3,31	0,75
50	19,0	0,26	3,12	0,75
Ркацителли $\rho = 0,06$ МПа				
20	23,9	0,20	2,56	0,56
30	21,5	0,19	2,55	0,57
50	19,8	0,21	2,85	0,53

Таблица 2

Зависимости производительности, выхода и качества сока от частоты пульсации и частоты вращения шнеков пресса ВПН-20

Показатели	№ опыта			
	1	2	3	4
При скорости вращения шнеков 12 об/мин				
Частота пульсации, х/мин.	2	3	4	5
Производительность пресса т/ч	17	19	20	21
Выход сока, дал/т	11	14	16	16
Взвеси, г/дм ³	32	40	42	50
Максимальн. давление в рабочей зоне пресса, МПа	0,05	0,06	0,06	0,07
Мощность двигателя привода, кВт	2,3	2,8	3,1	4,0
При частоте пульсации 2,7 мин ⁻¹				
Частота вращения шнеков, мин ⁻¹	6	8	12	16
Производительность, т/ч	13	16	19	20
Выход сока, дал/т	20	17	15	13
Взвеси, г/дм ³	70	56	40	33
Мощность привода шнеки, кВт	1,8	2,3	2,7	3,0

нием скорости вращения шнеков производительность пресса увеличивается, выход сока снижается, качество улучшается, затраты энергии возрастают. Исходя из противоречий данных в качестве рабочих режимов можно рекомендовать компромиссный вариант, обеспечивающий от 30 до 40 г/дм³ взвесей в получаемом соке.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Предложен метод и разработано устройство для предварительного отжатия сока в процессе машинной уборки винограда, основанные на принципе тонкослойного прессования с последовательным наложением отжатой массы, обеспечивающие получение сока, пригодного для получения высококачественной продукции.

2. Установлены закономерности изменения извлекаемого количества сока, сокодержания отжатой массы при различных значениях давления прессования. В частности, в диапазоне изменения давлений 0,03...0,08 МПа эти зависимости прямо пропорциональны давлению. На основе установленных кинетических закономерностей рекомендованы режимы прессования винограда в производственных условиях, обеспечивающие нормативные показатели качества виноградного сока.

3. Установлено, что при отжиме сока путем последовательного напрессовывания слоев виноградной массы происходит перекрытие дренажных отверстий нижней камеры пресса кожей винограда с заключенными внутри ягоды сокодержащими клетками, что приводит к переходу основной массы сока в верхнюю камеру пресса, т.е. прессующий элемент надо делать перфорированным.

4. Получены математические выражения для определения производительности пресса в зависимости от толщины последовательных слоев и остаточного сокодержания отжатой массы. Определены постоянные в полученных уравнениях, необходимые для расчета конструктивных характеристик прессующего устройства.

5. Получены зависимости давления и удельной мощности процесса прессования от константы прессования /коэффициента консолидации/ и продолжительности процесса, а также зависимости выхода продуктов прессования от давления. Показано, что каждому значению давления соответствует определенный выход сока, т.е. существует ярко выраженная компрессионная зависимость для процесса извлечения сока из виноградной массы.

6. Показано, что производительность прессов с неподвижным слоем относительно дренажных сеток прямо пропорциональна площади дренажных сеток и константе прессования и обратно пропорциональна приведенной толщине слоя и остаточному относительно сокодержанию.

7. Для реализации прямого комбайнирования винограда предложена и проверена в производственных условиях принципиально новая конструкция пульсационного тонкослойного пресса и его рабочих органов /а.с. № 1271436 и 1271437/, которая обеспечивает работу виноградоуборочной машины КВР-1 и позволяет увеличить рабочий ход машины без разгрузки бункеров на 35%.

8. Определены геометрические размеры прессующей перфорированной пластины и время цикла прессования при различных толщинах последовательных слоев.

9. Виноградный сок, полученный при прямом комбайнировании винограда с применением предложенного устройства по количеству взвесей и другим показателям значительно превышает характеристики сока, полученного на типовой линии.

10. Создана и испытана в производственных условиях поточная линия переработки винограда машинной уборки, включающая модернизированный пресс ВП-20М и позволяющая перерабатывать виноград машинной уборки и частично обессушенную массу после отделения сока методом прямого комбайнирования. Качественные показатели полученного сока соответствуют нормативным. Экономическая эффективность составляет 25141 руб. в год.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. А.с. 1271436, СССР МКИ А 01 Д 46/28 С 1. 1/02. Устройство получения сока при прямом комбайнировании винограда /А.Б.Иваненко, А.Е.Радчук, А.Н.Всеволодов и др./Опубл. 23.11.86 Бюл.43.

2. А.с. 1271437, СССР МКИ А 01 Д 46/28 С 12. Машина для уборки ягод /А.И.Фадеев, П.А.Догода, Н.И.Стрельникий, А.Е.Радчук/. Опубл. 23.11.86 Бюл.43.

3. Радчук А.Е., Мардаровский Ф.З., Ерохина Т.В. До питання вдосконалення організаційних структур управління виробничо-аграрним об'єднанням - Вісник сільськогосподарської науки. Уро-

жай, 1982, с. 69-72.

4. Способ рациональной переработки винограда /А.В.Иваненко, М.М.Чеботарь, Ю.Н.Ртицев, П.И.Колинчук, А.Е.Радчук/. Тез. докл. Респ. научно-техн.конф. "Основные направления комплексного использования сырья в отраслях пищевой промышленности и увеличении выпуска продукции из единицы сырья". Киев, ОНТИ, Укр.НИИмясо-молпром, 1983, № 4, с. 2-4.

5. Машинная уборка винограда /рекомендации/ /В.П.Бондарев, С.И.Аникин, А.Е.Радчук и др./ ВНИИВив "Магарач" - Ялта, 184-43 с.

6. Радчук А.Е., Гриневич В.Г. Комбайновая уборка винограда (опыт и проблемы внедрения). - ЦИНОТИУ Главплодвинпрома УССР, № 41-51, 1985, 3 с.

7. Радчук А.Е., Догота П.А., КВР-1: Виробіток зростає. - Механізація сільського господарства - Київ: Урожай, 1985, с.14.

8. Уборочно-перерабатывающий комплекс винограда /А.В.Иваненко, А.Е.Радчук, А.А.Галиулин и др./. Инф.листок № 74-96 УкрНИИНТИ и ТЭИ Госплана УССР - Одесса, ОЦНТИ, 1986, в.6 - 4с.

9. Прессы для винодельческой промышленности /А.В.Иваненко, П.П.Липнягов, П.И.Колинчук, А.Е.Радчук и др./. Бинодельческая промышленность. Обзорная информация, ВНИИТЭИпищепром, 1986, в.2 - 16 с.

10. Радчук А.Е. Устройство для получения сока при прямом комбайнировании винограда. - Инф. листок № 028 - 88. УкрНИИНТИ и ТЭИ Госплана УССР. - Одесса, ОЦНТИ, 1988, в.2 - 3 с.

