

3. Singleton, V. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents / V. Singleton, J. Rossi // *Am. J. Enol. Viticult.* – 1965. – Vol. 50. – P. 3828–34.

References

1. Benzie I, Strain J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*:239;70–76 (in English).

2. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berst C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*:28;25–30 (in English).

3. Singleton V, Rossi J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*:50;3828–3834 (in English).

Поступила 10.05.2025.

Адрес для корреспонденции: petie@gbg.bg

УДК 664.8; 663.813

РАЗРАБОТКА ФРУКТОВО-ОВОЩНОГО НАПИТКА ИЗ КИВИ, ОГУРЦОВ И ШПИНАТА

¹П.Х. Иванова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2475-6860>,

²Т.В. Петрова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5447-9577>

¹Институт хранения, переработки и качества пищевых продуктов,
г. Пловдив, Республика Болгария

²Сельскохозяйственная академия Болгарии,
г. София, Республика Болгария

DEVELOPMENT OF FRUIT AND VEGETABLE DRINK MADE FROM KIWI, CUCUMBER AND SPINACH

¹P.H. Ivanova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2475-6860>,

²T.V. Petrova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5447-9577>

¹Institute of Food Preservation and Quality, Plovdiv,

²Agricultural academy, Sofia, Bulgaria

Реферат

Цель исследования: оптимизировать состав многокомпонентного сока, полученного путем холодного прессования из киви, огурцов и шпината.

Материал и методы исследования. Была использована методология проектирования поверхностного отклика для изучения сырья из киви, огурцов и шпината, исходя из их органолептических свойств и качественных характеристик.

Разработаны матрица и опытные образцы моно-, би- и многокомпонентных напитков из перечисленного сырья методом холодного прессования.

Изучали физико-химические, органолептические и спектральные свойства разработанных образцов напитков, полученных в день их производства.

Результаты исследования. Согласно полученным данным на основе оценки математических моделей о суммарном содержании полифенолов, антиоксидантной активности, оцененной путем определения способности поглощать оксидативные радикалы (DPPH-тест), и органолептической оценки (SV), был оптимизирован состав опытных образцов напитков на фруктовой и овощной основе.

Выводы. Рекомендуется следующий состав компонентов: киви – от 90 до 100%, огурцов – до 70% и шпината – от 25 до 65%.

Ключевые слова: соки, киви, огурцы, шпинат, суммарное содержание полифенолов, цвет, антиоксидантная активность, органолептическая оценка.

Abstract

Objective: to optimize the composition of multi-component juice obtained by cold pressing from kiwi, cucumber and spinach.

Material and methods. The raw materials kiwifruit, cucumber, and spinach were studied to optimize the composition of a multi-component juice using a response surface design methodology based on their sensory and qualitative characteristics.

Model experimental samples of mono-component, binary and multi-component beverages of the listed raw materials were developed by cold pressing. Characterization of the developed experimental samples was carried out on the basis of physicochemical, sensory and spectral studies carried out on the day of their preparation.

Results. As a result of the mathematical models obtained for the content of total polyphenols, antioxidant capacity evaluated by

determination of radical scavenging capacity (DPPH-test) and sensory evaluation, the composition of the developed experimental samples of fruit and vegetable based beverages was optimized and the following composition.

Conclusions. Was recommended composition: kiwifruit beverage – from 90 to 100%, cucumber – to 70% and spinach – from 25 to 65%.

Keywords: juices, kiwi, cucumbers, spinach, total polyphenol content, color, antioxidant activity, organoleptic evaluation.

Введение. В настоящее время многочисленные гигиенические исследования посвящены изучению плодоовощного сырья и способам получения из них различных пищевых продуктов, которые непосредственно или в виде различных экстрагированных сочетаний, то есть рецептур, являются для организма источником биологически активных веществ.

В последние десятилетия важным предметом изучения гигиены питания стал анализ процесса расщепления основных компонентов пищевого сырья при его переработке. При этом показано, что именно грамотно подобранная технология, основанная на учете температурно-временных характеристик процесса, является не только предпосылкой, но и ключевым условием для получения, так называемых, функциональных пищевых продуктов, в которых сохраняются биологически активные вещества, содержащиеся в исходном пищевом сырье, что и является основой их выраженного благоприятного воздействия на состояние здоровья человека [4].

С этой точки зрения среди различных способов производства функциональных пищевых продуктов, в первую очередь, различного рода соков, решающее значение для получения продукции с сохраненными качественными характеристиками имеет применение метода холодного прессования фруктов и овощей как современной эффективной технологии, позволяющей заменить традиционно применяемые варианты.

При подобного рода прессовании используются специальные щнековые соковыжималки, которые позволяют

холодным способом отжать соки не только из фруктов и овощей, но даже из трав и специй, а получаемые при этом пищевые продукты, как заявляют производителя этой аппаратуры, содержат все основные биологически активные вещества, которые содержались в использованном пищевом сырье.

Однако в научной литературе исследований, подтверждающих эти заявления, крайне недостаточно, что определяет актуальность и цель настоящей работы.

Цель исследования: оптимизировать состав многокомпонентного сока, полученного путем холодного прессования из киви, огурцов и шпината.

Материал и методы исследования.

1. Сырье

Сырье приобретено в торговой сети г. Пловдив, Болгария.

2. Методы

Определение физико-химических и биохимических показателей проводили с применением ряда следующих методов.

2.1. Содержание общих полифенолов в плодах и соках, полученных из них, определяли по методике, описанной *Singleton and Rossi* (1965) [3], в следующей модификации: в мерную пробирку емкостью 10 мл помещали 0,1 мл экстракта из навески (фрукты и/или сок), последовательно дозируя ~7 мл дистиллированной воды, 0,5 мл реагента Фолина–Чиокальтеу (*Folin–Ciocalteu*), разбавленного дистиллированной водой в соотношении 1 : 4, и 1,5 мл 7,5% (w/v) водного раствора карбоната натрия. Доводили до метки дистиллированной водой. После выдержки в течение 2 ч при температуре 20-25°C измеряли оптическую плотность реакционной смеси при 750 нм.

Контрольный образец готовили аналогичным образом, используя вместо экстракта дистиллированную воду.

Полученные результаты представлены в эквивалентах галловой кислоты (ЭГК/GAE) на 100 г экстракта.

2.2. Определение антиоксидантной активности (DPPH-тест).

Способность дезактивировать свободные радикалы измеряли методом DPPH по методике Бранда–Уильямса и др. (*Brand–Williams et al.*, 1995) [2] в следующей модификации: в

кювету вводили последовательно 2250 мкл раствора DPPH (2,4 мг DPPH в 100 мл метанола) и 250 мкл экстракта пробы, предварительно разведенного дистиллированной водой в объемном соотношении – 1 : 3.

Контрольную пробу готовили аналогично, используя вместо экстракта метанол.

После выдерживания закрытых кювет в темноте в течение 15 мин при температуре 20-25°C измеряли оптическую плотность реакционной смеси при 515 нм.

Полученные результаты представлены в эквивалентах Тролокса (TE) на 100 г экстракта.

2.3. Определение металл-редуцирующей способности (FRAP-тест).

Процедура основана на методе Бензье–Страйна (*Benzie and Strain*, 1996) [1], примененном с некоторыми изменениями: реактив FRAP готовили после смешивания 2,5 мл раствора TPTZ (10 ммоль/л) в соляной кислоте (40 ммоль/л), 2,5 мл водного раствора FeCl₃ (20 ммоль/л) и 25 мл ацетатного буфера (0,3 ммоль/л, pH 3,6). Для проведения реакции 2250 мкл реагента FRAP смешивали с 250 мкл экстракта (разбавленного дистиллированной водой в соотношении 1 : 3 по объему); оптическую плотность при 593 нм измеряли через 4 мин после выдержки реакционной смеси в закрытой кювете при комнатной температуре в темноте.

6. Спектральный анализ

Определение цвета по Гарднеру осуществлялось на колориметре «Colorgard 05 / CIELab 2000», производства ВУК-Gardner Inc, США.

Показатели представлены по системе CIE Lab.

При измерении исследованы 3 цветовые координаты: L, a и b, где L – яркость цвета (L = 0 – черный, L = 100 – белый);

a – положительные значения показателя, которые характеризуют интенсивность красного цвета, а отрицательные – зеленого цвета;

b – соответственно, положительные значения, которые характеризуют желтый цвет, а отрицательные значения – синий цвет.

Для каждого образца было выполнено 5 (пять) измерений.

Цветовые координаты каждого образца представляют собой средние арифметические значения измеренных координат.

7. Органолептический анализ

Полученные плодовоовощные соки подверглись органолептической оценке с использованием балльной системы.

Соки предоставлялись для органолептической оценки дегустаторам, каждый из которых заполнял дегустационную карту и оценивал по показателям: внешний вид, вкус, запах, консистенция и цвет.

Каждый показатель имел тот или иной весовой коэффициент, соответственно:

- внешний вид – 0,2;
- цвет – 0,2;
- консистенция – 0,15;
- вкус – 0,3;
- запах – 0,15.

Использовалась оценка в диапазоне от 1 до 5 баллов (с шагом 0,25), что соответствует качеству продукта по соответствующему показателю.

Пятибалльная система оценивания позволяла дать окончательную оценку качества готового пищевого продукта, исходя из общего количества полученных баллов:

- $4,50 \div 5,00$ – готовый продукт высокого качества;
- $4,00 \div 4,49$ – готовый продукт удовлетворительного качества;
- $3,50 \div 3,99$ – готовый продукт нуждается в доработке;
- ниже 3,50 – готовый продукт нуждается в значительной доработке.

8. Математико-статистическая обработка данных

Все анализы были выполнены не менее чем в трех повторах, а результаты были представлены в виде средних значений.

Подход

Примененный подход характеризуется теоретико-экспериментальным характером исследований и охватывает следующие этапы: анализ, экспериментирование, моделирование и оптимизация рецептурного состава напитков.

План эксперимента

Для разработки рецептов соков использовали симплекс-центроидный план, подходящий для смесей, в которых сумма переменных (X_1, X_2, X_3) равна 100%.

Симплексные решетчатые планы с семью экспериментами использовались для получения адекватной математической модели изучаемых показателей.

Симплексные решетки были применимы, если для каждого компонента выполнялось следующее условие:

$$0 < X_i < 1 \quad (1),$$

где i – порядковый номер компонента.

Общий тип уравнения, описывающего свойства смесей, имел следующий вид:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (2),$$

где β_i, β_{ij} и β_{ijk} – коэффициенты уравнения;

X_i – компоненты смеси.

В таблице 1 приведена матрица проведения экспериментальной работы.

Таблица 1 – Матрица проведения эксперимента

Смеси	Компоненты смеси		
	X_1	X_2	X_3
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	0	50	50
6	50	0	50
7	33	33	33

Разработка рецептов, исследование физико-химических, биохимических и органолептических характеристик экспериментальных образцов напитков проводились в

лабораториях Института хранения, переработки и качества пищевых продуктов в г. Пловдив, Болгария.

Постановка научного эксперимента

Разработанная технология производства напитков представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Технология получения напитков

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 2 приведены результаты итоговой оценки органолептических показателей (SV), полифенолов (TPP) и антиоксидантной

активности (DPPH-тест) разработанных вариантов напитка из киви, огурцов и шпината.

Таблица 2 – Результаты итоговой оценки органолептических показателей, полифенолов и антиоксидантной активности разработанных вариантов напитка из соков киви, огурцов и шпината

Смеси	Показатели		
	органолептические (SV)	полифенолы (TPP)	антиоксиданты (DPPH)
	баллы	мг GAE/100 г	мкмоль TE/100 г
1	4,00	284,00	729,20
2	4,25	360,00	3470,80
3	3,50	600,00	875,00
4	3,75	340,00	2250,00
5	4,50	80,00	362,50
6	3,00	690,00	1750,00
7	4,50	800,00	4583,30

После обработки результатов эксперимента были получены следующие математические модели органолептической оценки, содержания общих полифенолов и антиоксидантной активности вариантов напитка из киви, огурцов и шпината:

$$SV = 5,0.X_1 + 3,0.X_2 + 2,0.X_3 + 2,0.X_1.X_2 + 5,0.X_2.X_3 + 17,25.X_1.X_2.X_3 \quad (3)$$

$$TPP = 59,0.X_1 + 10,0.X_2 + 69,0.X_3 + 138,0.X_1.X_2 - 96,0.X_1.X_3 + 410,0.X_2.X_3 - 843,0.X_1.X_2.X_3 \quad (4)$$

$$DPPH = 1025,0.X_1 + 510,0.X_2 + 528,33.X_3 + 531,2.X_1.X_2 - 2145,98.X_1.X_3 - 1170,66.X_2.X_3 - 6951,26.X_1.X_2.X_3 \quad (5)$$

Полученные уравнения с высокой точностью описывают изменение концентрации зависимых переменных при $p < 0,05$, так как $r > 0,9$.

На рисунках 2, 3 и 4 представлены поверхности отклика по сенсорной оценке, общему содержанию полифенолов и антиоксидантной активности ингредиентного состава напитков, полученных путем купажирования соков из киви, огурцов и шпината.

Результаты органолептической оценки показателей внешнего вида, цвета, вкуса, запаха и консистенции исследованных пищевых продуктов представлены на рисунке 2, из которых следует, что наиболее популярным среди дегустаторов оказался напиток со вкусом киви (5,0 баллов).

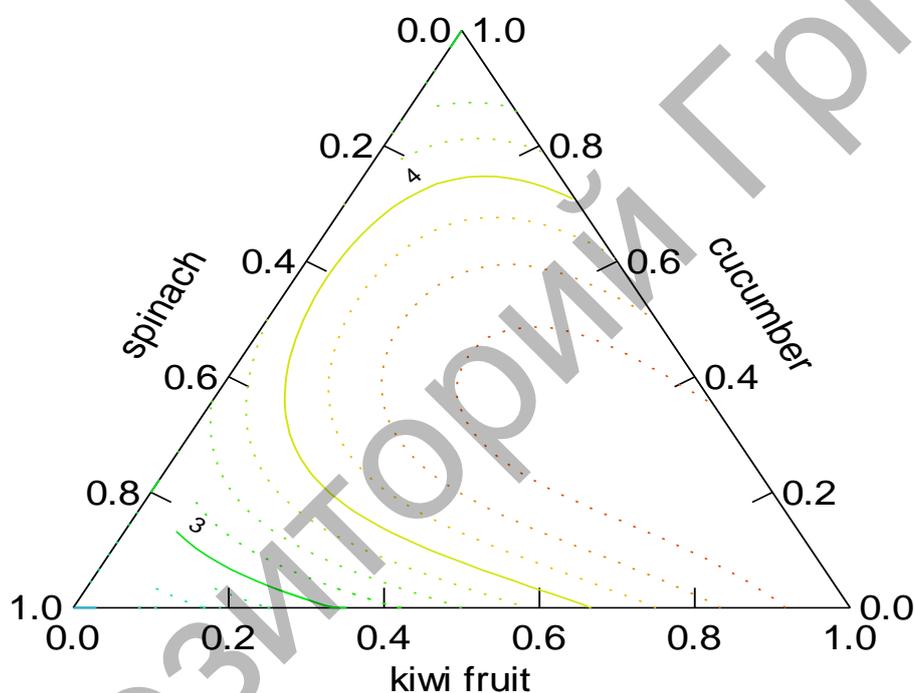


Рисунок 2 – Поверхность отклика общей органолептической оценки напитков из соков киви, огурцов и шпината

Самый низкий рейтинг (2,0 балла) оказался у напитка из шпината. Разработанный вариант трехкомпонентной композиции получил очень хорошую органолептическую оценку (данные статистически различаются, причем разница соответствует разнообразию компонентов, $p < 0,05$).

Среди изученных экспериментальных образцов монокомпонентных напитков самым высоким содержанием общих полифенолов, в пересчете по галловой кислоте,

характеризовался напиток из шпината – 69,0 мг GAE/100 г), а на втором месте – напиток из киви (59,0 мг GAE/100 г) (рисунок 3).

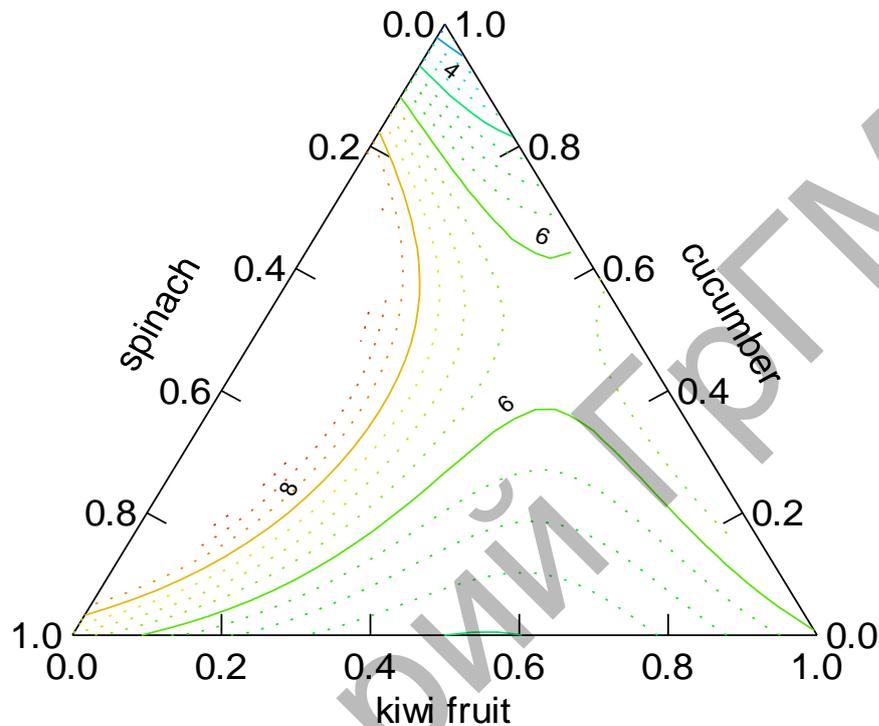


Рисунок 3 – Поверхность отклика TPR (*100) компонентов композиции напитков из соков киви, огурцов и шпината

Из всех экспериментальных образцов наименьшее количественное содержание полифенольного комплекса было выявлено в огуречном напитке (10,0 мг GAE/100 г).

При смешивании компонентов композиций общее количество полифенолов увеличилось только в напитке из киви и шпината, достигнув 142,0 мг GAE/100 г (разница статистически значима и соответствует разнообразию компонентов, $p < 0,05$).

Было обнаружено, что сочетание выбранных компонентов композиционного состава приводило к снижению способности поглощать радикалы (рисунок 4).

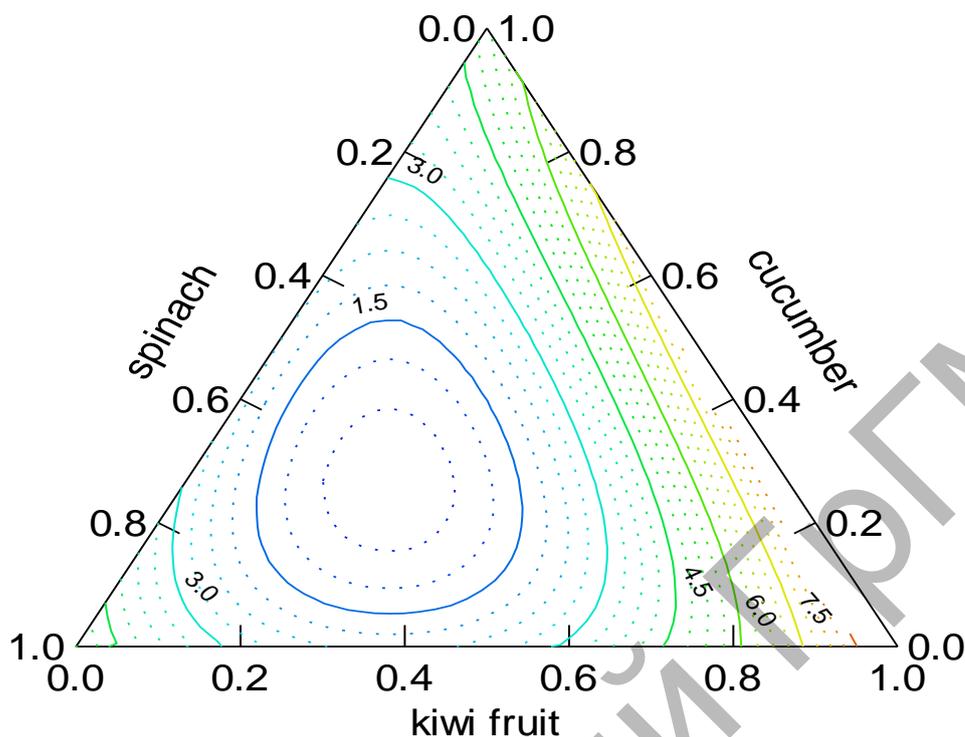


Рисунок 4 – Поверхность отклика DPPH (*1000) компонентов композиции напитков из соков киви, огурцов и шпината

В таблице 3 приведены среднеарифметические значения измеренных цветовых координат – L, a, b.

Таблица 3 – Цветовые координаты напитков из соков киви, огурцов и шпината

Смеси	Показатели		
	L	a	b
1	47,75	- 7,12	37,01
2	35,32	- 19,05	27,00
3	15,24	- 10,97	16,18
4	44,36	- 6,13	25,61
5	35,56	- 8,27	29,16
6	24,27	- 5,01	21,09
7	27,14	- 9,16	21,39

После обработки результатов были получены следующие математические модели цветовых координат: L, a и b:

$$L = 47,75.X_1 + 35,32.X_2 + 15,24.X_3 + 11,31.X_1.X_2 + 16,28.X_1.X_3 - 4,05.X_2.X_3 - 222,49.X_1.X_2.X_3 \quad (6)$$

$$a = - 7,12.X_1 - 19,05.X_2 - 10,97.X_3 + 27,8.X_1.X_2 + 3,08.X_1.X_3 + 40,01.X_2.X_3 - 125,86.X_1.X_2.X_3 \quad (7)$$

$$b = 37,01.X_1 + 27,0.X_2 + 16,18.X_3 - 25,57.X_1.X_2 + 10,25.X_1.X_3 - 2,0.X_2.X_3 - 92,34.X_1.X_2.X_3 \quad (8)$$

Полученные уравнения с большой точностью описывают изменения координат цвета.

Проведенные измерения показателя яркости цвета разработанных экспериментальных образцов напитка из соков киви, огурца и шпината позволили установить, что наибольшим значением яркости отличался как собственно напиток из киви – 47,75 (рисунок 5).

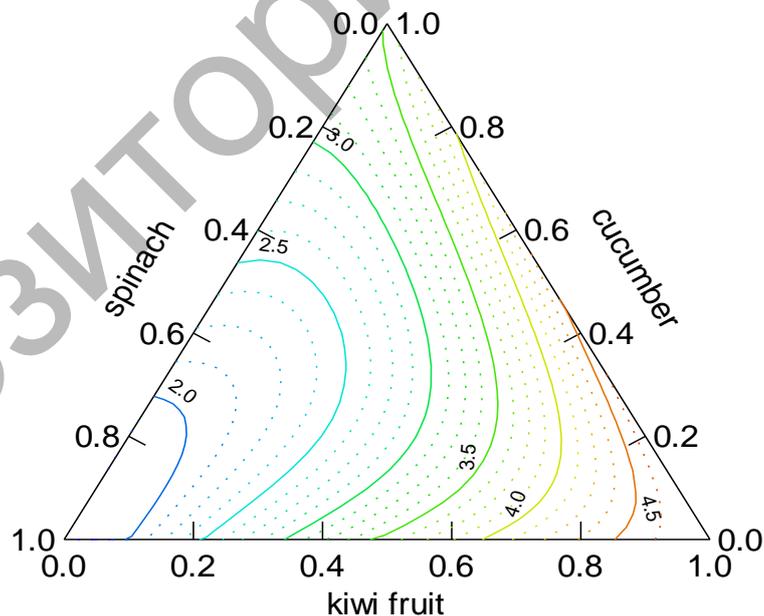


Рисунок 5 – Поверхность отклика по яркости цвета (*10) компонентов композиции напитков из сока киви, огурца и шпината

В остальных вариантах компонентных композиций яркость доминировала у напитков из киви и огурцов (35,56),

увеличиваясь, однако, только по сравнению с монокомпонентным напитком из шпината (разница статистически значима и соответствует разнообразию компонентов, $p < 0,05$).

Как свидетельствуют результаты изучения зеленой составляющей цвета, представленные на рисунке 6, именно огуречный напиток характеризовался самым высоким значением показателя (-19,05). Среди же всех иных напитков самое низкое значение показателя зеленого цвета было зафиксировано в напитке из киви в сочетании со шпинатом (-5,01).

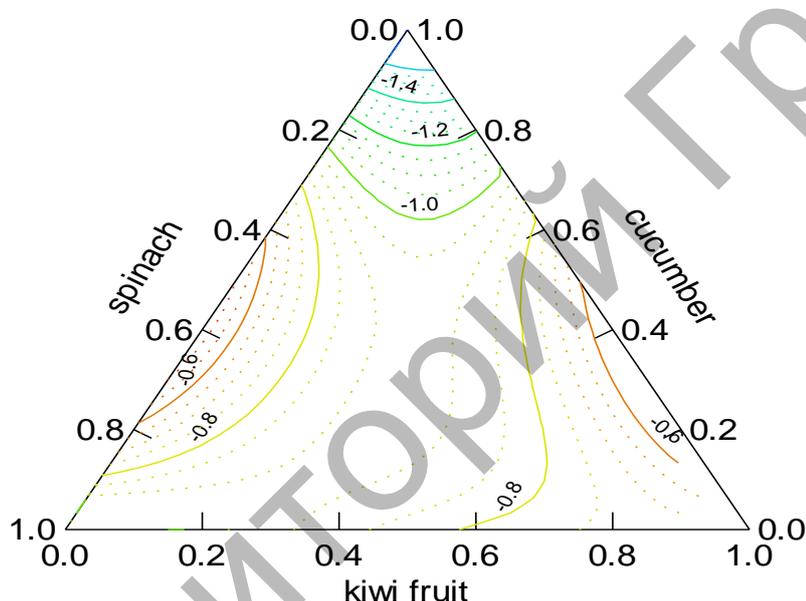


Рисунок 6 – Поверхность отклика a (*10) компонентов композиции напитков из соков киви, огурцов и шпината

В результате дальнейших проведенных измерений было установлено, что в модельных экспериментальных образцах многокомпонентных напитков зеленый цвет увеличивал свое количественное значение только по сравнению с монокомпонентным напитком киви (разница статистически значима и соответствует разнообразию компонентов, $p < 0,05$).

Для всех разработанных вариантов экспериментальных образцов показатели желтой составляющей цвета оказались невысокими, достигая максимума в напитке из киви – 37,01 (рисунок 7).

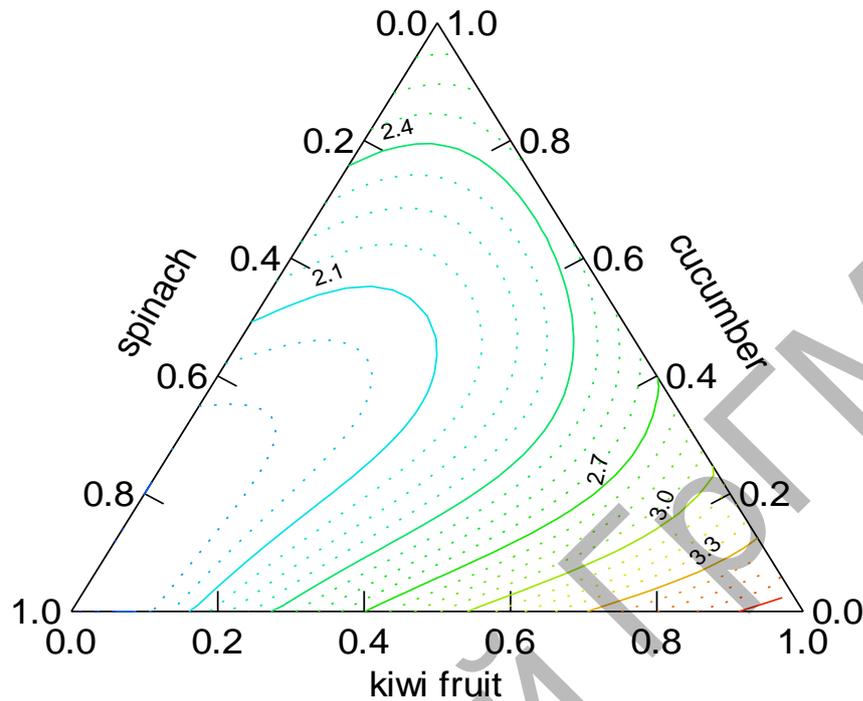


Рисунок 7 – Поверхность отклика на b (*10) компонентов композиции напитков из киви, огурца и шпината

Смешивание компонентов привело в полученном напитке к увеличению количественного значения желтой составляющей цвета, но только по сравнению со шпинатным напитком (разница статистически значима и соответствует разнообразию компонентов, $p < 0,05$).

Оптимизация

Оптимизацию компонентного состава напитка из соков киви, огурца и шпината проводили, основываясь на следующих целевых функциях: общей органолептической оценке (SV), содержанию общих полифенолов (TPP) и антиоксидантной активности (DPPH).

Целевые функции и их пределы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы целевых функций оптимизации композиций напитка из соков киви, огурца и шпината

Целевая функция	Пределы целевой функции
Органолептическая оценка (SV)	> 4,0
Суммарное содержание полифенолов (TPP)	> 55,0 mgGAE/100g d.b.
Антиоксидантная активность (DPPH)	> 150 $\mu\text{molTE}/100\text{g d.b.}$

Оптимальная площадь компонентного состава напитка из соков киви, огурца, шпината представлена на рисунке 8.

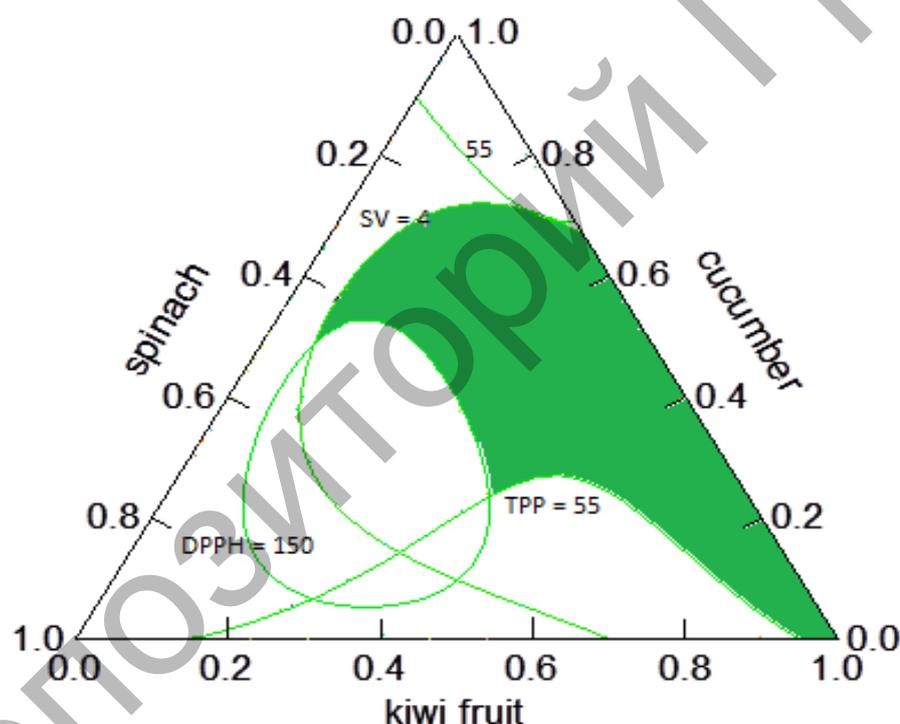


Рисунок 8 – Графическая оптимизация компонентного состава напитков из киви, огурца и шпината

Выводы. В результате полученных математических моделей содержания полифенольного комплекса, антиоксидантной активности, оцененной путем определения способности поглощать радикалы (тест DPPH) и сенсорной

оценки, оптимизирован состав разработанных экспериментальных образцов напитков на фруктовой и овощной основе, полученных методом холодного прессования: киви – от 90 до 100%, огурцы – до 70% и шпинат – от 25 до 65%.

Литература

1. Benzie, I. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay / I. Benzie, J. Strain // *Anal. Biochem.* – 1996. – Vol. 239. – P. 70–6.
2. Brand-Williams, W. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity / W. Brand-Williams, M. Cuvelier, C. Berst // *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie.* – 1995. – Vol. 28. – P. 25–30.
3. Singleton, V. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents / V. Singleton, J. Rossi // *Am. J. Enol. Viticult.* – 1965. – Vol. 50. – P. 3828–34.
4. Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields / M. Walkling-Ribeiro [et al.] // *LWT – Food Sc. Technol.* – 2010. – Vol. 43. – P. 1067–73.

References

1. Benzie I, Strain J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*:239;70–76 (in English).
2. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berst C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*:28;25–30 (in English).
3. Singleton V, Rossi J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*:50;3828–3834 (in English).
4. Walkling-Ribeiro M, Noci F, Cronin DA, Lyng JG, Morgan DJ. (2010). Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. *LWT – Food Science and Technology*:43;1067–1073 (in English).

Поступила 10.05.2025.

Адрес для корреспонденции: petie@gbg.bg