ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2417
https://elibrary.ru/DYTGLX

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Влияние микроволнового излучения на химический состав нута

В. Н. Храмова, Д. И. Сурков*, К. А. Лубчинский

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Поступила в редакцию: 04.05.2022
Принята после рецензирования: 14.11.2022
Принята к публикации: 06.12.2022

**Д. И. Сурков: surkov.dmitr@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2946-5915*
В. Н. Храмова: https://orcid.org/0000-0001-7630-7672
К. А. Лубчинский: https://orcid.org/0000-0002-4836-6058

© В. Н. Храмова, Д. И. Сурков, К. А. Лубчинский, 2023

Аннотация.
Нут (*Cicer arietinum* L.) характеризуется высоким содержанием белка и сбалансированным аминокислотным составом. Однако наличие нежелательного бобового привкуса ограничивает его применение в качестве функционального пищевого ингредиента. Эту проблему помогает решить обработка нута микроволновым излучением. Цель работы – подбор параметров микроволнового излучения для получения образцов, лишенных бобового привкуса, и изучение их химического состава.
В качестве объекта исследования выступили семена нута сорта Волжанин. Опытные образцы семян обрабатывали в микроволновой печи (частота магнетрона 2450 МГц) при разной мощности и продолжительности излучения. Для определения и анализа массовой доли белка, аминокислотного состава и органолептической оценки образцов семян нута использовали стандартные методы.
Установлено, что в процессе микроволновой обработки консистенция нута рыхлеет, а бобовый привкус пропадает через 5–6 мин воздействия при мощности излучения 200 Вт или при режиме обработки 3 мин и 400 Вт. Увеличение продолжительности обработки влияет на появление сначала арахисового привкуса, а позже горького. При применении микроволнового излучения снижается массовая доля белка и количество незаменимых аминокислот в нуте. Замедлить этот процесс можно с помощью повышения мощности микроволнового излучения и сокращения времени обработки. Однако такая интенсификация негативно влияет на содержание аргинина, метионина и тирозина в белке нута.
Полученные результаты могут стать основой для разработки способа подготовки нута для его применения в качестве функционального пищевого ингредиента в продуктах питания.

Ключевые слова. *Cicer arietinum* L., растительный белок, аминокислотный состав, микроволновая обработка, функциональные продукты

Для цитирования: Храмова В. Н., Сурков Д. И., Лубчинский К. А. Влияние микроволнового излучения на химический состав нута // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 123–130. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2417

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2417
https://elibrary.ru/DYTGLX

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Effect of Microwave Radiation on the Chemical Composition of Chickpeas

Valentina N. Khramova, Dmitry I. Surkov*, Kirill A. Lubchinsky

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Received: 04.05.2022
Revised: 14.11.2022
Accepted: 06.12.2022

**Dmitry I. Surkov: surkov.dmitr@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2946-5915*
Valentina N. Khramova: https://orcid.org/0000-0001-7630-7672
Kirill A. Lubchinsky: https://orcid.org/0000-0002-4836-6058

© V.N. Khramova, D.I. Surkov, K.A. Lubchinsky, 2023

Abstract.
Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is rich in protein and has a balanced amino acid profile. However, its characteristic bean flavor limits its use as a functional food ingredient. Microwave treatment may help to solve this problem. The research objective was to select the optimal parameters of microwave treatment to obtain chickpea samples with no bean flavor and to study their chemical composition.
The study featured chickpeas of the Volzhanin variety. The experimental samples were processed in a microwave oven with a magnetron frequency of 2450 MHz at different power and time values. The protein tests, the analysis of amino acid profile, and the sensory assessment involved standard research methods.
The microwave processing loosened the consistency of chickpeas and eliminated the bean flavor after 5–6 min at 200 W or 3 min at 400 W. A longer treatment time resulted in a peanut flavor followed by bitterness. The microwave treatment reduced the mass fraction of protein and the amount of essential amino acids. This process could be slowed down by increasing the power of microwave radiation and reducing the processing time. However, the intensification had a negative effect on the content of arginine, methionine, and tyrosine in chickpea protein.
The results obtained can make it possible to use chickpeas as a functional food ingredient

Keywords. *Cicer arietinum* L., vegetable protein, amino acid composition, microwave processing, functional products

For citation: Khramova VN, Surkov DI, Lubchinsky KA. Effect of Microwave Radiation on the Chemical Composition of Chickpeas. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(1):123–130. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2417

Введение

В современном мире существует глобальная проблема дефицита пищевого белка. Его недостаток в рационе может привести к заболеваниям алиментарной этиологии и ухудшить качество жизни. На одного человека необходимо в среднем 70 г белка в сутки, но употребляется в пищу только 60 г. Кроме того, около половины населения планеты страдает от дефицита белка, общий недостаток которого в мире составляет 10–25 млн т, для России это значение составляет более 1 млн т [1]. Эта ситуация может стать хуже, т. к. население планеты интенсивно растет, а вместе с этим увеличивается потребность в белке [2].

Для решения этой проблемы предложены различные способы. Например, увеличение содержания белка в тканях растений и животных при помощи генетической инженерии и селекции, а также создание функциональных продуктов питания с заданными свойствами. В последнем случае для их изготовления модифицируют продукты питания массового потребления, имеющие большую популярность. В процессе создания функциональных продуктов питания в их состав включают функциональные пищевые ингредиенты, содержащие большое количество белка [3, 4].

Поиск альтернативных источников белка ведется давно. Главными критериями являются низкая стоимость сырья, доступность и высокое содержание пищевого белка.

Одним из таких перспективных источников является нут (*Cicer arietinum* L). Содержание растительного белка в нем варьируется от 18 до 32 % в зависимости от сорта. Аминокислотный состав нута сбалансирован и близок к аминокислотному составу белков мяса. В сырых семенах нута самое

высокое содержание витаминов (B_2, B_5, B_6) и минеральных веществ (Fe, Zn, Se) среди бобовых. Кроме того, нут содержит от 50 до 67 % углеводов, золы – от 2,8 до 4,0 % и липидов – от 4,9 до 8 %, представленных ненасыщенными и насыщенными жирными кислотами [5–8]. Однако семена нута обладают нежелательным бобовым привкусом, который ограничивает их использование в производстве продуктов питания, что делает решение этой проблемы актуальной.

Одним из возможных вариантов решения проблемы наличия бобового привкуса является обработка зерен нута микроволновым излучением, которую широко применяют в пищевой промышленности для сушки, консервирования, оттаивания, доведения до кулинарной готовности, пастеризации и стерилизации сырья [9, 10]. Интенсивность процессов зависит от наличия полярных молекул (например, воды в пищевых продуктах): чем их больше, тем эффективнее. В результате происходит поглощение микроволновой энергии и выделение тепла за счет дипольного вращения и трения [11]. Благодаря стерилизующим свойствам происходит повышение безопасности пищевого сырья, что связано с инактивацией бактериальных ферментов и разрушением структурных элементов микробной клетки под действием высоких температур [12]. По данным исследования, проведенного в 2019 г., обработка микроволновым излучением быстрее и эффективнее традиционных методов, а также позволяет равномерно прогревать продукт по всему его объему [13, 14].

Микроволновая обработка, как и тепловая, вызывает денатурацию белков, в результате чего происходит увеличение их усвояемости и изменение вторичных структур белков, что делает бобы более рыхлыми. Кроме того, в процессе микроволновой обработки протекает деградация витаминов, которая растет вместе с увеличением времени воздействия [15–17].

Цель исследования – изучение влияния микроволнового излучения на белки и аминокислоты нута, а также подбор мощности микроволнового излучения и его продолжительности для получения образцов с заданными органолептическими характеристиками.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования был выбран нут сорта Волжанин, выращенный в 2021 г. в Волгоградской области. Обработку семян нута микроволновым излучением проводили в условиях лаборатории кафедры технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» с помощью микроволновой печи (частота магнетрона 2450 МГц) при разных значениях продолжительности и мощности (табл. 1). Для проведения обработки опытные образцы помещали в полипропиленовый пластиковый контейнер без крышки (150×130×60 мм) объемом 1 л, на дне которого лежал пергамент. Контрольный образец нута дополнительной обработке не подвергали. Масса каждого образца составила 50 г.

Таблица 1. Параметры обработки семян нута микроволновым излучением

Table 1. Microwave treatment parameters for chickpea seeds

Номер образца	Время обработки, мин	Мощность микроволнового излучения, Вт
Контрольный	–	–
1	1	200
2	2	200
3	3	200
4	4	200
5	5	200
6	6	200
7	7	200
8	8	200
9	9	200
10	1	400
11	2	400
12	3	400

После обработки микроволновым излучением ёмкость с образцом вынимали из микроволновой печи и давали остыть при комнатной температуре в течение 5 мин. Воздухообмен отсутствовал.

Определение массовой доли белка и аминокислотного состава провели в аккредитованной комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции».

Аминокислотный состав продукта определили по методике измерения массовой доли аминокислот с использованием системы капиллярного электрофореза Капель-105М, суть которой заключается в переводе аминокислот в фенилтиокарбамильные производные при помощи фенилизотиоцианата и разделении их ионных форм в кварцевом капилляре под действием электрического поля. Регистрацию фенилтиокарбамильных производных производят при длине волны 254 нм в буферных растворах.

Для определения содержание белка в образцах нута использовали методику из ГОСТ 10846-91, которая основана на минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении сульфата аммония щелочью с выделением аммиака и отгонке аммиака водяным паром в раствор серной или борной кислоты с последующим титрованием.

Определение аминокислотного скора (АС) и аминокислотного индекса (АИ) контрольного и

опытных образцов нута провели расчетным путем по формулам 1–4:

$$АИ = \frac{\sum НАК}{\sum ЧЗАК + \sum ЗАК} \quad (1)$$

где ∑НАК – сумма незаменимых аминокислот, г/100 г; ∑ЧЗАК + ∑ЗАК – сумма частично заменимых и заменимых аминокислот, г/100 г.

Расчет содержания аминокислоты (А), г/100 г:

$$А_j = \sum\left(\frac{m_i}{100} \times АК_j\right) \quad (2)$$

где АК*j* – содержание *j*-той аминокислоты в *i*-том компоненте, г; m_i – масса *i*-того компонента, г.

Для расчета аминокислотного скора необходимо знать массу аминокислоты (*ak*) в 100 г белка:

$$ak = \frac{АК}{B} \times 100 \quad (3)$$

где АК – масса аминокислоты в 100 г образца, г; *B* – количество белка в 100 г образца, г.

$$АС = \frac{ak}{M} \times 100 \quad (4)$$

где *M* – содержание аминокислоты в г на 100 г стандартного белка по справочной шкале аминокислот идеального белка ФАО/ВОЗ, г.

По данным ФАО/ВОЗ значение аминокислотного индекса должно стремиться к 0,56, что соответствует идеальному соотношению незаменимых аминокислот к заменимым. Аминокислоты, для которых значение аминокислотного скора меньше 100 %, являются лимитирующими. Это означает, что аминокислота с наименьшим скором не только не удовлетворяет физиологическую потребность в ней при употреблении продукта в пищу, но и выступает главным ограничивающим фактором, снижающим биологическую ценность.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования провели органолептическую оценку образцов нута (предварительно измельчены в муку в ступке). При увеличении продолжительности микроволновой обработки истирание нута в порошок происходит легче. Это связано с разрыхлением и денатурацией белков. Кроме того, продолжительность и интенсивность микроволнового излучения влияют на органолептические свойства. В сырых семенах нута преобладают нотки бобового привкуса, которые пропадают после 5–6 мин обработки при мощности излучения 200 Вт (опытные образцы № 5 и 6) или после 3 мин при мощности 400 Вт (опытный образец № 12). При продолжении воздействия микроволновым излучением постепенно возникает привкус и запах жареного арахиса. Однако обработка свыше 9 мин при мощности микроволн 200 Вт вызывает почернение кожуры нута и появление слабого горького вкуса и подгоревшего запаха.

Нут, лишенный бобового привкуса и запаха, можно использовать в различных продуктах питания с целью обогащения растительным белком. Кроме того, нут с арахисовым привкусом может быть использован при производстве сыров, кондитерских изделий и мороженого.

В результате проведенного исследования определили массовую долю белка и рассчитали аминокислотный индекс и аминокислотный состав контрольного и опытных образцов (табл. 2).

Из результатов видно, что содержание белка сразу возрастает после начала микроволновой обработки. Это связано с протекающим процессом сушки продукта, что означает уменьшение количества свободной влаги и увеличение массовой доли других веществ. Затем этот процесс замедляется и над ним начинают преобладать процессы, связанные с распадом белка, а именно денатурация белков с их разрушением до пептидов и образование безазотистых низкомолекулярных органических соединений. Изменение массовой доли белка в начале обработки микроволновым излучением влияет на рассчитанные значения содержания незаменимых аминокислот, аминокислотного скора и аминокислотного индекса. В начале микроволновой обработки значения временно повышаются, но уменьшаются при увеличении длительности воздействия.

Увеличение массовой доли белка замечено при микроволновой обработке мощностью 200 Вт и небольшой продолжительности. По сравнению с контрольным образцом содержание белка достигает максимума через 2–3 мин и возрастает на 4,2 %. Опытные образцы, обрабатываемые при большей мощности или длительности, испытывают более жесткие условия, что ускоряет денатурацию белков и уменьшает их общее количество.

Если сравнивать близкие по органолептическим свойствам опытные образцы, то можно заметить, что опытный образец № 12 (400 Вт, 3 мин) имеет массовую долю белка 18,28 %, которая меньше, чем у опытного образца № 5 (200 Вт, 5 мин) – 18,84 %. Это свидетельствует о том, что микроволны большей мощности сильнее оказывают негативное влияние на белки нута.

Значения аминокислотного индекса среди опытных образцов выросли по сравнению с контрольным образцом. Это означает, что при микроволновой обработке заменимые аминокислоты деградируют больше, чем незаменимые.

Тенденция уменьшения количества аминокислот ожидаема из-за изменений количества белка в нуте под воздействием микроволнового излучения. Аминокислотный состав претерпевает изменения, связанные с декарбоксилированием аминокислот и их различной устойчивостью к нагреванию.

Таблица 2. Массовая доля белка и аминокислотный состав исследуемых образов нута

Table 2. Protein mass fraction and amino acid profile of chickpeas

Показатель	Номер образца												
	Контроль	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Массовая доля белка, %	18,75 ± 0,52	18,84 ± 0,48	19,55 ± 0,59	19,44 ± 0,55	18,51 ± 0,54	18,84 ± 0,51	18,71 ± 0,47	18,81 ± 0,51	18,00 ± 0,48	18,67 ± 0,53	18,42 ± 0,50	18,81 ± 0,46	18,28 ± 0,49
Амино-кислотный индекс	1,080	1,104	1,076	1,059	1,062	1,119	1,252	1,121	1,097	1,088	1,160	1,161	1,179
Содержание незаменимых аминокислот, мг/100 г													
Валин	493	612	532	479	424	403	604	411	433	381	691	611	512
Лейцин и изолейцин	1614	1888	1826	1600	1367	1324	1647	1399	1380	1467	1953	1764	1472
Лизин	936	1278	1092	986	860	801	961	832	783	830	1127	1004	838
Метионин	110	149	133	123	118	91	108	96	138	127	146	139	78
Треонин	423	546	514	439	394	341	395	387	408	393	599	486	406
Триптофан	159	171	197	173	197	147	157	199	193	158	130	186	182
Фенилаланин	948	1143	983	854	743	760	875	756	754	791	1032	962	793
Итого	4683	5787	5277	4654	4103	3867	4747	4080	4089	4147	5678	5152	4281
Содержание частично заменимых аминокислот, мг/100 г													
Аргинин	971	1188	1146	1021	948	832	832	896	866	782	899	807	667
Гистидин	280	427	353	401	343	289	313	227	238	248	456	366	319
Итого	1251	1615	1499	1422	1291	1121	1145	1123	1104	1030	1355	1173	986
Содержание заменимых аминокислот, мг/100 г													
Аланин	671	767	748	637	545	490	579	516	583	584	816	741	609
Глицин	595	772	650	558	479	456	545	482	473	551	745	626	505
Пролин	691	796	719	617	547	530	567	566	554	644	804	751	596
Серин	714	761	822	735	635	501	577	564	666	615	846	772	635
Тирозин	416	530	467	425	366	357	378	388	348	388	325	374	299
Итого	3087	3626	3406	2972	2572	2334	2646	2516	2624	2782	3536	3264	2644

Содержание таких аминокислот, как аргинин, метионин и тирозин, сильно уменьшается при повышении мощности микроволнового излучения. Содержание остальных аминокислот снижается плавно и синхронно. На рисунке 1 в качестве примера приведены графики изменения содержания аргинина и глицина в исследуемых образцах нута.

Сравнивая режимы обработки при одинаковой продолжительности, но разной мощности, можно обнаружить, что опытный образец № 1 имеет на 32 % больше аргинина, чем опытный образец № 10. Увеличение времени воздействия сохраняет эту тенденцию для аргинина: после 2 мин обработки – 42 %, после 3 мин – 53 %. Для тирозина эти значения составляют 63, 42 и 25 % соответственно. Остальные аминокислоты не претерпевают такие резкие изменения при увеличении мощности.

Снижение количества глицина в нуте после микроволновой обработки свидетельствует о разрушении ингибиторов протеиназ, которые являются антипитательными веществами, уменьшающим биодоступность белка для организма человека. Снижение антинутриентов в пищевых продуктах – одна из важнейших технологических задач пищевой промышленности, т. к. это является главным

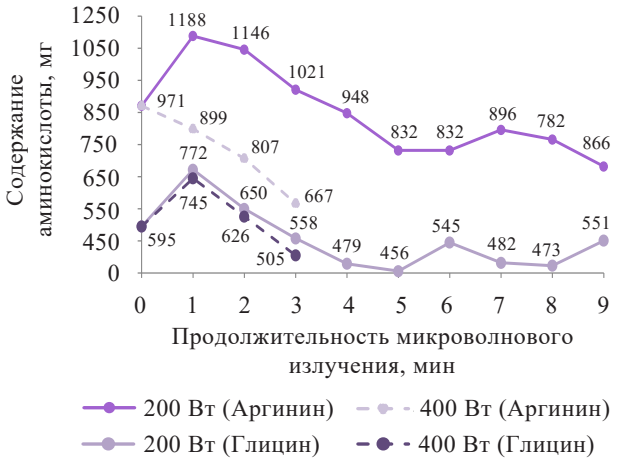

Рисунок 1. Содержание аргинина и глицина

Figure 1. Arginine and glycine content in chickpeas

тормозящим фактором применения бобовых в пищевых продуктах. Кроме микроволновой обработки для снижения антипитательных веществ применяют различные физические и химические способы: вымачивание с различными химическими соединениями, механическое измельчение, нагрев

Таблица 3. Содержание незаменимых аминокислот, г/100 г

Table 3. Essential amino acids, g/100 g

Показатель	Номер образца												
	Контроль	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Валин	2,63	3,25	2,72	2,46	2,29	2,14	3,23	2,19	2,41	2,04	3,75	3,25	2,80
Лейцин и изолейцин	8,61	10,02	9,34	8,23	7,39	7,03	8,80	7,44	7,67	7,86	10,60	9,38	8,05
Лизин	4,99	6,78	5,59	5,07	4,65	4,25	5,14	4,42	4,35	4,45	6,12	5,34	4,58
Метионин	0,59	0,79	0,68	0,63	0,64	0,48	0,58	0,51	0,77	0,68	0,79	0,74	0,43
Треонин	2,26	2,90	2,63	2,26	2,13	1,81	2,11	2,06	2,27	2,10	3,25	2,58	2,22
Триптофан	0,85	0,91	1,01	0,89	1,06	0,78	0,84	1,06	1,07	0,85	0,71	0,99	1,00
Фенилаланин	5,06	6,07	5,03	4,39	4,01	4,03	4,68	4,02	4,19	4,24	5,60	5,11	4,34

Таблица 4. Аминокислотный скор, %

Table 4. Amino acid score, %

Показатель	Номер образца												
	Контроль	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Валин	52,6	65,0	54,4	49,3	45,8	42,8	64,6	43,7	48,1	40,8	75,0	65,0	56,0
Лейцин и изолейцин	78,3	91,1	84,9	74,8	67,1	63,9	80,0	67,6	69,7	71,4	96,4	85,3	73,2
Лизин	90,8	123,3	101,6	92,2	84,5	77,3	93,4	80,4	79,1	80,8	111,2	97,0	83,3
Метионин	16,8	22,6	19,4	18,1	18,2	13,8	16,5	14,6	21,9	19,4	22,6	21,1	12,2
Треонин	56,4	72,5	65,7	56,5	53,2	45,2	52,8	51,4	56,7	52,6	81,3	64,6	55,5
Триптофан	84,8	90,8	100,8	89,0	106,4	78,0	83,9	105,8	107,2	84,6	70,6	98,9	99,6
Фенилаланин	84,3	101,1	83,8	73,2	66,9	67,2	77,9	67,0	69,8	70,6	93,4	85,2	72,3

инфракрасным излучением, кипячение и обработка паром [8, 18, 19]. Удаление нежелательных веществ связано с их разрушением и инактивацией [20, 21].

Так как по результатам органолептической оценки опытные образцы № 5 и 12 позволяют достичь цели исследования, то необходимо сравнить их с контрольным образцом и между собой. Это необходимо для определения отличительных особенностей, влияющих на аминокислотный состав и исчезновение в семенах нута бобового привкуса.

При сравнении контроля и опытного образца № 5 (5 мин, 200 Вт) можно обнаружить, что содержание таких аминокислот, как триптофан падает на 7,5 %, тирозин – на 14,2 %, аргинин – на 14,3 %, лизин – на 14,4 %, метионин – на 17,3 %, лейцин с изолейцином – на 18 %, валин – на 18,3 %, треонин – на 19,4 %, фенилаланин – на 19,8 %, пролин – на 23,3 %, глицин – на 23,4 %, аланин – на 27 % и серин – на 29,8 %. В опытном образце № 12 (400 Вт, 3 мин) наибольшие потери претерпевают аргинин (31,3 %), метионин (29,1 %) и тирозин (28,1 %). Также падает содержание других аминокислот: фенилаланина на 16,4 %, глицина на 15,1 %, пролина на 13,7 %, серина на 11,1 %, лизина на 10,5 %, аланина на 9,2 %, лейцина с изолейцином на 8,8 % и треонина на 4 %.

За счет увеличения мощности микроволновой обработки и сокращения ее продолжительности можно снизить потери большинства аминокислот. Однако содержание аргинина, тирозина и метионина в семенах нута падает в два раза сильнее, что негативно влияет на сбалансированность аминокислотного состава семян и их биологическую ценность.

Используя общепринятые значения содержания аминокислот в эталонном белке (ФАО/ВОЗ), для каждого образца по формулам 2–4 расчитали содержание незаменимых аминокислот и аминокислотный скор (табл. 3 и 4). Расчет аминокислотного скора для валина в контрольном образце:

$$АК = \frac{0,493}{18,75} \times 100 = 2,63 \text{ г}$$

$$АС = \frac{2,63}{5} \times 100 = 52,6\ \% \qquad (5)$$

Из результатов расчета видно, что контрольный образец имеет много лимитирующих аминокислот, главной из которых является метионин – 16,8 %. Длительное употребление такого нута в пищу может привести к проблемам с пластическими и регенеративными процессами, ответственными за образование новых клеток и тканей. Поэтому при производстве продуктов питания с использованием нута это необходимо учитывать, а также использовать ингредиенты богатые метионином [21].

Микроволновая обработка пагубно влияет на аминокислоты продукта. Чем выше мощность и больше время обработки, тем сильнее падает значение аминокислотного скора.

Если сравнивать опытные образцы № 5 и 12, то можно заметить, что в последнем аминокислотный скор выше (за исключением метионина). Это свидетельствует о возможности достижения тех же органолептических свойств при уменьшении временных затрат.

Выводы

Нут – перспективный источник растительного белка, который можно использовать при производстве продуктов питания. Однако наличие бобового привкуса ограничивает его использование. Обработка микроволновым излучением позволяет не только достигнуть желаемых органолептических характеристик, но и повысить усвояемость белков. Чтобы убрать бобовый привкус достаточно обработать нут микроволнами в течение 5–6 мин при мощности излучения 200 Вт. В качестве другого режима обработки можно выбрать 3 мин при мощности 400 Вт. Если нужен привкус и запах, напоминающий арахисовый, то необходимо использовать режим мощностью 200 Вт в течение 8–9 мин.

Использование обработанного микроволнами нута может найти применение во многих продуктах питания, в которых бобовый привкус нежелателен. Нут с арахисовым привкусом может быть востребован в производстве сыров, кондитерских изделий и мороженого.

Однако при разработке продуктов питания стоит учитывать, что микроволновое излучение приводит к снижению массовой доли белка в нуте и ухудшению аминокислотного скора, а также к падению содержания аминокислот. В течение 5 мин при мощности 200 Вт оно уменьшается для триптофана на 7,5 %, тирозина – на 14,2 %, аргинина – на 14,3 %, лизина – на 14,4 %, метионина – на 17,3 %, лейцина с изолейцином – на 18 %, валина – на 18,3 %, треонина – на 19,4 %, фенилаланина – на 19,8 %, пролина – на 23,3 %, глицина – на 23,4 %, аланина – на 27 % и серина – на 29,8 %. В опытном образце № 12 (400 Вт, 3 мин) наибольшие потери претерпевают аргинин (31,3 %), метионин (29,1 %) и тирозин (28,1 %). Кроме того, падает содержание других аминокислот: фенилаланина на 16,4 %, глицина на 15,1 %, пролина на 13,7 %, серина на 11,1 %, лизина на 10,5 %, аланина на 9,2 %, лейцина с изолейцином на 8,8 %, треонина на 4 %.

Замедлить уменьшение содержания аминокислот можно с помощью повышения мощности микроволнового излучения и сокращения времени обработки. К сожалению, такая интенсификация негативно влияет на содержание аргинина, метионина и тирозина в белках нута.

Критерии авторства

В. Н. Храмова консультировала и руководила процессом сбора, анализа данных и написания научной статьи. Д. И. Сурков и К. А. Лубчинский занимались сбором, анализом и интерпретацией полученных данных, составляли и оформляли статью.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

V.N. Khramova supervised the research, collected the data, provided consultation, and wrote the article. D.I. Surkov and K.A. Lubchinsky collected, processed, and analyzed the data, as well as drafted and proofread the text.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Oryeshkin MV. The problem of protein deficiency – approaches to. Bulletin of the Luhansk National University. 2017;4(1):19–22. (In Russ.). [Орешкин М. В. Проблема дефицита белка: подходы к решению // Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. 2017. Т. 4. № 1. С. 19–22.].

2. Langyan S, Yadava P, Khan FN, Dar ZA, Singh R, Kumar A. Sustaining protein nutrition through plant-based foods. Frontiers in Nutrition. 2022;8. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.772573

3. Ahmed MH, Vasas D, Hassan A, Molnár J. The impact of functional food in prevention of malnutrition. PharmaNutrition. 2022;19. https://doi.org/10.1016/j.phanu.2022.100288

4. Ndinchout AS, Chattopadhyay D, Ascension NM, Kaur V, Singh N, Paul MF. Muffins fortified with *Dacryodes macrophylla* L. fruit: quality and sensory evaluation. Foods and Raw Materials. 2022;10(1):40–50. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-40-50.

5. Chandrasekaran S, Luna-Vital D, de Mejia EG. Identification and comparison of peptides from chickpea protein hydrolysates using either bromelain or gastrointestinal enzymes and their relationship with markers of type 2 diabetes and bitterness. Nutrients. 2020;12(12). https://doi.org/10.3390/nu12123843

6. Khramova VN, Gorlov IF, Zhivotova TYu, Martynov AA, Martynova SV. The possibility of using the products of processing of chickpea raw material in sausage production. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2017;48(4):176–183. (In Russ.). [Возможности использования продуктов переработки нутового сырья в колбасном производстве / В. Н. Храмова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. Т. 48. № 4. С. 176–183.].

7. Madurapperumage A, Tang L, Thavarajah P, Bridges W, Shipe E, Vandemark G, *et al.* Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a source of essential fatty acids – A biofortification approach. Frontiers in Plant Science. 2021;12. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734980

8. Kolpakova VV, Kulikov DS, Ulanova RV, Chumikina LV. Food and feed protein preparations from peas and chickpeas: Production, properties, application. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(2):333–348. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-333-348

9. Muñoz-Almagro N, Morales-Soriano E, Villamiel M, Condezo-Hoyos L. Hybrid high-intensity ultrasound and microwave treatment: A review on its effect on quality and bioactivity of foods. Ultrasonics Sonochemistry. 2021;80. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105835

10. Liu J, Zhang J, Wang W, Hou H. Effects of microwave treatment on the stability and antioxidant capacity of a functional wheat bran. Food Science and Nutrition. 2021;9(5):2713–2721. https://doi.org/10.1002/fsn3.2230

11. Viji P, Rao BM, Debbarma J, Ravishankar CN. Research developments in the applications of microwave energy in fish processing: A review. Trends in Food Science and Technology. 2022;123:222–232. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.010

12. Cao J-X, Wang F, Li X, Sun Y-Y, Wang Y, Ou C-R, *et al.* The influence of microwave sterilization on the ultrastructure, permeability of cell membrane and expression of proteins of *Bacillus cereus*. Frontiers in Microbiology. 2018;9. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01870

13. Korolev AA, Tyurina SB, Trishkaneva MV. The application of microwave radiation for sterilization of plant raw materials. Processes and Food Production Equipment. 2019;(3):81–91. (In Russ.). https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91

14. Boukid F, Folloni S, Ranieri R, Vittadini E. A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. Trends in Food Science and Technology. 2018;78:120–133. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.001

15. Hu Q, He Y, Wang F, Wu J, Ci Z, Chen L, *et al.* Microwave technology: A novel approach to the transformation of natural metabolites. Chinese Medicine. 2021;16(1). https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8

16. Jiang H, Liu Z, Wang S. Microwave processing: Effects and impacts on food components. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018;58(14):2476–2489. https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1319322

17. Khan SH, Butt MS, Sharif MK, Sameen A, Mumtaz S, Sultan MT. Functional properties of protein isolates extracted from stabilized rice bran by microwave, dry heat, and parboiling. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011;59(6):2416–2420. https://doi.org/10.1021/jf104177x

18. Gorlov IF, Semenova IA, Surkova SA, Barmina TN, Knyazhechenko OA, Mosolov AA. Method of inactivation of anti-nutrients in legumes intended for socially-oriented nutrition. Agrarian-and-Food Innovations. 2019;8(4):74–81. (In Russ.). https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-8-74-81

19. Gao Y, Xia H, Sulaeman AP, de Melo EM, Dugmore TIJ, Matharu AS. Defibrillated celluloses via dual twin-screw extrusion and microwave hydrothermal treatment of spent pea biomass. ACS Sustainable Chemistry and Engineering. 2019;7(13):11861–11871. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02440

20. Sá AGA, Laurindo JB, Moreno YMF, Carciofi BAM. Influence of emerging technologies on the utilization of plant proteins. Frontiers in Nutrition. 2022;9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.809058

21. López-Moreno M, Garcés-Rimón M, Miguel M. Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? Journal of Functional Foods. 2022;89. https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938

22. Lysikov YuA. Amino acids in human nutrition. Experimental and Clinical Gastroenterology Journal. 2012;(2):88–105. (In Russ.).