

Научная статья

УДК 663.97

DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-18-24

Сравнительный анализ эффективности различных способов улучшения потребительских качеств сигарного табака

Д.А. Карманов^{1,3*}, Е.В. Гнучих², И.В. Моисеев¹, В.В. Лёзный¹¹Погарская сигаретно-сигарная фабрика, Россия, Погар²ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, Краснодар³Кубанский государственный технологический университет, Россия, Краснодар

*denis.karmanov.91@mail.ru

Аннотация. Рассматривали основные способы улучшения потребительских качеств сигарного табака, а именно: естественная ферментация, естественная ферментация с предварительной обработкой высокоуглеводным сиропом и обработка табачными соусами. Объектом исследования служил сигарный бленд из южноамериканских сортов табака. При сравнительном анализе указанных способов критерием эффективности выступала дегустационная оценка исследуемых образцов. Естественную ферментацию бленда проводили в дубовом прессе в течение шести месяцев с ежемесячным отбором образцов для дегустации. Ферментацию с дополнительно внесенными углеводами проводили аналогичным образом, но с предварительной обработкой табака глюкозо-фруктозным сиропом в количестве 10%. В течение первых четырех месяцев для обоих способов ферментации выявлен устойчивый рост качества табака, а именно улучшение вкуса и аромата табачного дыма. При этом по истечении четырех месяцев ферментации показатель вкуса для обработанного сиропом бленда стал на 30% выше, чем у необработанного. Для оценки влияния табачных соусов на потребительские качества сигарного бленда образцы после месячной и трехмесячной ферментации обрабатывали вкусоароматическими добавками на основе продуктов реакции Майяра. Дегустация образцов показала, что обработка соусами бленда, прошедшего ферментацию в течение месяца, улучшила его качество до 2–3-месячного уровня сферментированности. Обработка соусами бленда трехмесячной ферментации не привела к какому-либо существенному результату. Таким образом, рациональный выбор подхода к изготовлению сигар и сигарилл позволяет сократить время производственного процесса.

Ключевые слова: сигарный табак; естественная ферментация; глюкозо-фруктозный сироп; реакция Майяра; табачный соус; дегустационная оценка

Original article

Effectiveness of various methods for improving the consumer qualities of cigar tobacco: comparative analysis

Denis A. Karmanov^{1,3*}, Evgeniya V. Gnuchikh², Igor V. Moiseev¹, Valerii V. Leznyy¹¹Pogor Cigarette & Cigar Factory, Pogor, Russia²All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Krasnodar, Russia³Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

*denis.karmanov.91@mail.ru

Abstract. The article examines the main methods of improving the consumer qualities of cigar tobacco, namely: natural fermentation, natural fermentation with preliminary treatment with high-carbohydrate syrup, and treatment with tobacco sauces. A comparative analysis for the effectiveness of the above methods was conducted. The object of the study was a cigar blend of South American tobacco varieties. The criterion of effectiveness was the tasting assessment of the samples studied. Natural fermentation of the blend was carried out in an oak press for six months with monthly sampling for tasting. Fermentation with additionally introduced carbohydrates was carried out in a similar way, except for the preliminary treatment of tobacco with glucose-fructose syrup in an amount of 10%. During the first four months, a steady increase in tobacco quality was observed for both fermentation methods, namely a significant improvement in the taste and aroma of tobacco smoke. Moreover, after four months of fermentation, the taste index for the blend treated with syrup is 30% higher than that of the untreated one. To assess the effect of tobacco sauces on the consumer qualities of the cigar blend, samples after one-month and three-month fermentation were treated with flavor additives based on the products of the Maillard reaction. Tasting of the samples showed that treating the blend with sauces that had undergone fermentation for a month improved its quality to the two-three-month fermentation level. Treating the blend with sauce after three-months of fermentation did not lead to any significant result. The obtained experimental material has a certain practical interest in choosing a rational approach to the production of cigars and cigarillos, as well as in the possibility of reducing the time of the production process.

Keywords: cigar tobacco; natural fermentation; glucose-fructose syrup; Maillard reaction; tobacco sauce; tasting assessment

Введение

Производство сигар и сигарилл является трудоемким и длительным процессом. При этом значительное время занимает ферментация табачного сырья, благодаря которой формируются потребительские качества готовой продукции за счет протекающих химических и биохимических реакций [1]. Наибольшая их интенсивность наблюдается в первые 6–12 месяцев [2, 3], однако длительность технологического процесса ферментации может достигать до полутора лет [4]. При производстве сигар и сигарилл данный временной ресурс крайне необходим для достижения желаемых показателей качества.

Сигарный табак, как правило, ферментируется в естественных условиях при температуре, не превышающей 40°C, во избежание потерь летучих ароматических компонентов табака [5], которые в основном образуются в результате химического взаимодействия между аминокислотами и углеводами (реакция Майяра) [6]. В ходе данной реакции помимо темноокрашенных меланоидинов образуется множество енолов и фурфуролов, обладающих специфическим ароматом ржаного хлеба, карамели, миндаля и пр. [7]. Их совокупность вносит основной вклад во вкусоароматический профиль табачного дыма. В то же время малое содержание углеводов в сигарном табаке в сравнении с другими сортами табака отчасти препятствует формированию ароматических веществ в значительном количестве, поэтому производители нередко внедряют в технологический процесс операцию предварительной обработки неферментированного табака высокоуглеводными сиропами.

Как показали исследования [8], искусственно внесенные углеводы (например, в виде глюкозо-фруктозного сиропа) в незначительной степени участвуют в ферментативных процессах в следствие их плохой диффузии в растительный материал. С другой стороны их основной задачей является корректировка общего химического состава в сторону увеличения углеводно-белкового соотношения, величина которого характеризует качество табака [9].

Помимо ферментации основным направлением в улучшении потребительских качеств курительных изделий является соусирование табачного сырья вкусоароматическими добавками. Основное достоинство их применения – значительное сокращение времени производственного цикла, которое затрачивалось на ферментацию.

Традиционно табачные соусы относили к вкусовым добавкам, корректирующим химический состав и реологические свойства табака. В большинстве случаев они представляли собой растворы, содержащие следующие ингредиенты: влагоудерживающие (пропиленгликоль, глицерин), углеводсодержащие (глюкоза, фруктоза, сахар, инвертный сироп), увеличивающие кислотность табачного дыма (уксусная и лимонная кислоты), консерванты (сорбат калия, бензоат натрия) и др. [10, 11]. С развитием технологии производства табачных изделий в рецептуру соусов стали внедрять ароматизирующие компоненты – ванилин, мальтол, эфирные масла, растительные порошки и экстракты (кофе, какао, лакрицы, чернослива) с целью усилить или модифицировать аромат табачного дыма [12, 13]. Таким образом, табачные соусы перешли в разряд вкусоароматических добавок.

Как правило, соусирование проводят при повышенных температурах (60–80°C) в специальном устройстве барабанного типа для равномерного распределения и лучшего проникновения соуса в структуру табака [14, 15]. Однако в случае с сигарным табаком нагревание может привести к потере его собственных ароматических веществ, а обработка табака во вращающемся барабане – к нарушению целостности табачного листа, что крайне нежелательно при производстве сигар. В связи с этим обработку сигарного табака желательнее проводить в естественных условиях без применения механического воздействия. При этом предпочтения отдаются добавкам, содержащим вкусоароматические компоненты, усиливающие натуральный вкус и аромат табачного дыма. Ввиду этого наиболее перспективными являются композиции на основе продуктов реакции Майяра, полученные *in vitro*. Известно, что добавки подобного рода придают табачному сырью потребительские свойства качественного, хорошо сферментированного табака [16].

Ранее авторами исследовались ферментативные изменения аминокислотного и углеводного состава сигарных табачных блендов [8, 17]. Было выявлено, что некоторые аминокислоты, в частности лизин, содержатся в табачном сырье в незначительных количествах. Также показано полное отсутствие углеводов из класса пентоз. На основании полученных данных авторы разработали две перспективные вкусоароматические добавки на основе продуктов реакции Майяра из указанных

дефицитных для табака веществ [18, 19].

Очевидное на первый взгляд преимущество соусирования как способа улучшить потребительские качества сигарного табака все же имеет свои минусы. Табачные соусы не способны создать то многообразие вкусоароматических веществ, которое образуется в процессе естественной ферментации. Остается открытым вопрос и о проникающей способности соуса в структуру табака при обработке табачного листа в естественных условиях.

Неоднозначные преимущества и недостатки каждого из способов заставляют производителей сигар делать выбор в ту или иную сторону, рискуя при неправильном подходе получить продукт неудовлетворительного качества, поэтому целью данного исследования является сравнительный анализ эффективности указанных способов улучшения потребительских качеств сигарного табака.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований стал ферментированный сигарный бленд (образец 1) следующего состава: HP (Куба) – 30%, Connecticut Shade Grown (Эквадор) – 10%, Vanda Visa Candega (Никарагуа) – 30%, PC Ligero (Доминиканская Республика) – 20%, Seco Jalapa (Никарагуа) – 10%.

Ферментацию табачных блендов осуществляли в дубовом прессе (рисунок 1), разработанном на Погарской сигаретно-сигарной фабрике по следующим технологическим параметрам [17]: температура – 20°C, относительная влажность воздуха – 70%, влажность табака – 13%, давление пресса – 120 кПа, время ферментации – 6 месяцев.



Рисунок 1 – Внешний вид дубового пресса для ферментации
Figure 1. Oak fermentation press

Для оценки вклада искусственно внесенных углеводов в ферментативные процессы, а значит и в формирование вкусоароматического профиля готовой продукции провели обработку аналогичного бленда глюкозо-фруктозным сиропом (40% фруктозы, 35% глюкозы, остальное – вода) в количестве 10% от массы табака (образец 2). Ферментацию сигарного табака с дополнительно внесенными углеводами осуществляли по указанным технологическим параметрам. Ежемесячно отбирались образцы из обоих поставленных экспериментов для проведения дегустационной оценки.

С целью анализа влияния табачных соусов на потребительские качества необработанного сиропом сигарного бленда, прошедшего месячную (образец 3) и трехмесячную (образец 4) ферментацию, обрабатывали вкусоароматическими добавками на основе продуктов реакции Майяра в количестве 5% от массы табака и выдерживали в течение 2 суток. Добавка № 1 для образца 3 представляла собой глицериновый раствор, содержащий рибозу и лизин в соотношении 10:1, прошедший термообработку

при температуре 120°C в течение получаса. Общая массовая доля рибозы и лизина составляла 50% [18]. Добавка № 2 для образца 4 была аналогична первой с добавлением 5% какао-порошка [19].

Для проведения дегустации из всех образцов произвели сигариллы с фильтром машинного типа изготовления со следующими параметрами: формат – king size (84x7,8 мм), тип фильтра – моноацетатный, ширина табачного волокна – 1 мм, покровный лист – восстановленное табачное волокно с воздухопроницаемостью 15 ед. СУ.

Критерием эффективности способов улучшения качества табака выступала дегустационная оценка исследуемых образцов, которая проводилась по 100-балльной шкале, разработанной ВНИИ табака, махорки и табачных изделий (Краснодар, Россия) [20]. Дегустаторами (в количестве 10 человек) являлись регулярные члены дегустационной комиссии Погарской сигаретно-сигарной фабрики со стажем курения не менее 5 лет. Критериями оценки выступали такие показатели (с максимальным баллом), как аромат (34), вкус (42), крепость (14) и горючесть (10), сумма которых составляла общий балл индекса качества. Итоговые значения всех показателей определялись как среднеарифметическая величина представленных дегустаторами оценок.

Результаты и их обсуждение

Результаты дегустации образцов ферментированного табака представлены в таблице.

Таблица. Результаты дегустационной оценки ферментированных сигарных blends
Table. Tasting assessment of fermented cigar blends

Образец	Время ферментации, мес	Дегустационная оценка, балл			
		аромат	вкус	крепость	горючесть
1	1	21	20	14	10
2		20	17	14	10
1	2	24	25	14	10
2		24	31	14	10
1	3	27	27	14	10
2		28	37	14	10
1	4	29	32	14	10
2		28	42	14	10
1	5	27	34	14	10
2		26	41	14	10
1	6	26	36	14	10
2		26	42	14	10

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает, что численные значения критериев крепости и горючести изначально максимальны и не изменяются во времени. Наблюдаемый рост общего балла в процессе ферментации табачного сырья происходит за счет показателей вкуса и аромата. При этом по показателю вкуса обработанный сиропом blend имеет явное преимущество над необработанным, что, по-видимому, обусловлено химическим составом blend, а именно более высоким значением углеводно-белкового соотношения.

На рисунке 2 представлена графическая обработка данных таблицы по общему показателю качества ферментированных сигарных blends (образцов 1 и 2). Из анализа графиков видно, что для максимального улучшения потребительских свойств табака достаточно четырех месяцев ферментации для обоих способов. Последующее ферментирование не дает каких-либо существенных изменений.

Чтобы оценить возможность сокращения времени ферментации сигарного табака за счет его обработки табачными соусами проводили дегустационную оценку образцов 3 и 4. На рисунке 3 представлена сравнительная оценка по общему показателю качества сигарных blends, прошедших месячную и трехмесячную ферментацию, обработанных и необработанных табачными соусами.

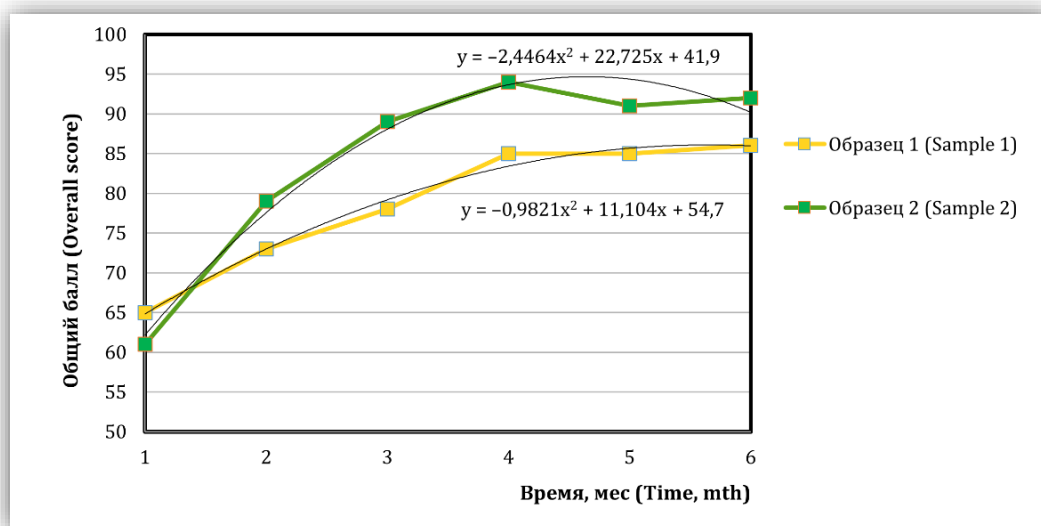


Рисунок 2 – Зависимость общего показателя качества образцов 1 и 2 от времени ферментации
 Figure 2. Dependency of the overall quality indicator for samples 1 and 2 on the fermentation time

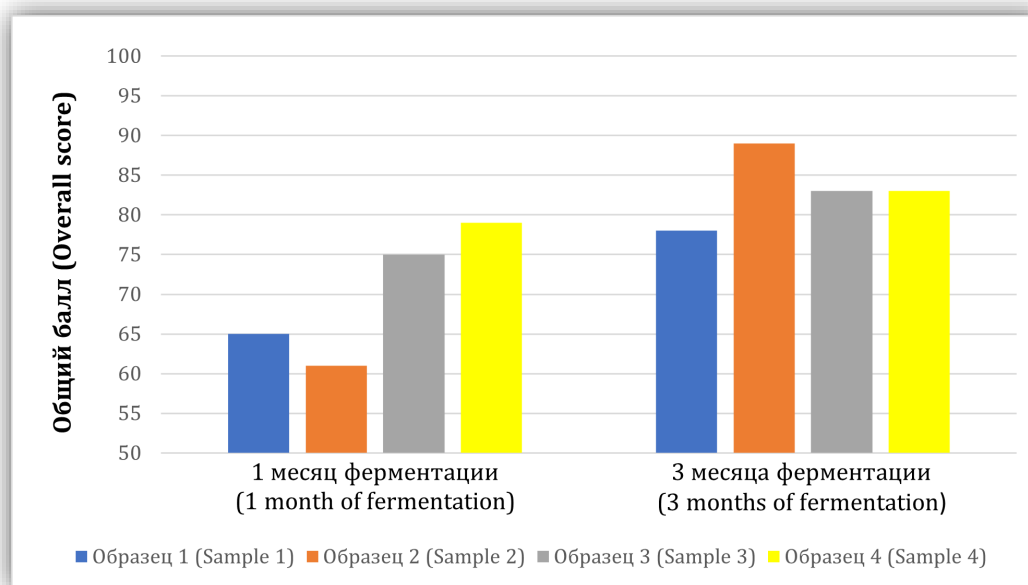


Рисунок 3 – Сравнительная оценка качества образцов
 Figure 3. Comparative quality assessment of the samples

Дегустационная оценка образца, прошедшего месячную ферментацию и обработанного соусами, показала значительное улучшение качества – с 65 до 75 и 79 баллов для добавок № 1 и № 2 соответственно. Данные показатели идентичны 2–3-месячному уровню сферментированности табачного сырья. Следует отметить, что общий индекс качества увеличился за счет улучшения как вкуса, так и аромата табачного дыма. Горючесть и крепость бленда после обработки соусами не изменились.

Дегустация образца, прошедшего месячную ферментацию и обработанного соусами, показала незначительное улучшение качества табака с 78 до 83 баллов для обеих добавок.

Заключение

Эксперименты показали, что естественная ферментация и естественная ферментация с предварительной обработкой высокоуглеводным сиропом являются лучшими способами достижения максимальных потребительских качеств сигарного табака и однозначно подходят для производства продукции премиум-класса.

Способ обработки табачными соусами эффективен в случаях, когда первостепенной задачей является сокращение времени производственного цикла до минимума, например, при серийном производстве

сигарилл машинного типа. Обработка соусами бленда трехмесячной ферментации не дала значимого эффекта. Следовательно, соусирование табачного сырья, прошедшего 3–6-месячную ферментацию, с расчетом изготовить продукт максимального качества, по мнению авторов неэффективно.

Полученный экспериментальный материал полезен не только при выборе рационального подхода, но и для возможности сокращения времени производственного процесса сигар и сигарилл.

Литература

1. Zhao D., Gong Ya., Zhang L. Research progress on the role of exogenous additives in the fermentation of cigar tobacco leaves. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024, V. 1, no. 2, pp. 571–578. DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-68
2. Szedljk I., Koehegyi K.S., Kosáry J. Biochemical studies on curing and fermentation processing periods of different tobacco plant (*Nicotiana tabacum* L.) cultivars. *Contributions to Tobacco Research*. 2010, V. 24, no. 1, pp. 24–28. DOI: 10.2478/cttr-2013-0877
3. Yang Y., Peng Q., Ou M., Wu Y., Fang J. Research progress in tobacco fermentation. *Journal of Biosciences and Medicines*. 2018, V. 6, no. 6, pp. 105–114. DOI: 10.4236/jbm.2018.66008
4. Кинцурашвили К.М. Процесс «старения» табачного сырья // Пиво и напитки. 2006. № 1. С. 46–47.
5. Ren M., Qin Y., Zhang L., Zhao Y., Zhang R., Shi H. Effects of fermentation chamber temperature on microbes and quality of cigar wrapper tobacco leaves. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2023, V. 107, pp. 6469–6485. DOI: 10.1007/s00253-023-12750-7
6. Nursten H.E. Recent developments in studies of the Maillard reaction. *Food Chemistry*. 1981, V. 6, pp. 263–277. DOI: 10.1016/0308-8146(81)90014-5
7. Хачатурян Э.Е., Гвасалия Т.С., Якименко Т.П. Двести составляющих реакции меланоидинообразования // Современная наука и инновации. 2014. № 4. С. 22–32.
8. Карманов Д.А., Моисеев И.В., Лёзный В.В. Ферментационные изменения углеводного комплекса табака // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1. С. 36–42. DOI: 10.24888/2541-7835-2024-31-36-42
9. Roemer E., Schorp M.K., Piadé J.-J., Seeman J.I., Leyden D.E., Hausmann H.-J. Scientific assessment of the use of sugars as cigarette tobacco ingredients: A review of published and other publicly available studies. *Critical Reviews in Toxicology*. 2012, V. 42, no. 3, pp. 244–278. DOI: 10.3109/10408444.2011.650789
10. Лысенко А.Е., Дьячкин И.И., Антоненко И.Г., Лещенко Т.Ф., Лыгина Л.В., Ковалева Я.В. Курительная смесь: пат. 2313999 С 1 Российская Федерация. 2008. Бюл. № 1. 6 с.
11. Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Бедрицкая О.К., Матюхина Н.Н. Трубочный табак: технология изготовления и хранение // Новые технологии. 2015. № 3. С. 29–34.
12. Инторн М., Никулла Х.-Ю. Способ обработки табака: пат. 2242147 С1 Российская Федерация. 2004. Бюл. № 35. 8 с.
13. Саттон Дж. Табачная смесь: пат. 2728621 С1 Российская Федерация. 2020. Бюл. № 22. 34 с.
14. Антоненко И.Г., Лещенко Т.Ф., Лыгина Л.В., Миронская С.К. Соуса для табака из компонентов отечественного производства // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2002. № 5-6. С. 79–80.
15. Лысенко А.Е., Дьячкин И.И., Ветер И.И., Лещенко Т.Ф., Антоненко И.Г., Ковалева Я.В. Способ обработки табачного сырья: пат. 2336000 С2 Российская Федерация. 2008. Бюл. № 29. 5 с.
16. Хуан Л., Хуан Р., Чжу Х., Луо Ч., Чжан Ц. Ароматизатор для табака и способ его получения: пат. 2798577 Российская Федерация, 2023. Бюл. № 18. 17 с.
17. Карманов Д.А., Лёзный В.В., Моисеев И.В. Влияние естественной ферментации на аминокислотный состав табачных блендов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2024. № 2-3. С. 109–113. DOI: 10.26297/0579-3009.2024.2-3.18
18. Карманов Д.А., Моисеев И.В., Лёзный В.В., Бондаренко Д.В. Вкусоароматическая добавка для обработки табачного сырья: пат. 2822264 Российская Федерация. 2024. Бюл. № 19. 6 с.
19. Карманов Д.А., Моисеев И.В., Лёзный В.В., Бондаренко Д.В. Вкусоароматическая добавка для обработки табачного сырья: пат. 2823241 Российская Федерация. 2024. Бюл. № 21. 6 с.
20. Смирнова Е.Ю., Гнучих Е.В., Кириллов Д.Д., Славянский А.А. Исследование органолептических и физико-химических характеристик изделий из табака курительного тонкорезаного // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 3. С. 85–93. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-85-93

References

1. Zhao D., Gong Ya., Zhang L. Research progress on the role of exogenous additives in the fermentation of cigar tobacco leaves. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024, no. 2, pp. 571–578. DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-68
2. Szedljk I., Koehegyi K.S., Kosáry J. Biochemical studies on curing and fermentation processing periods of different

- tobacco plant (*Nicotiana tabacum* L.) cultivars. *Contributions to Tobacco Research*. 2010, V. 24, no. 1, pp. 24–28. DOI:10.2478/cttr-2013-0877
3. Yang Y., Peng Q., Ou M., Wu Y., Fang J. Research progress in tobacco fermentation. *Journal of Biosciences and Medicines*. 2018, V. 6, no. 6, pp. 105–114. DOI: 10.4236/jbm.2018.66008
 4. Kincurashvili K.M. The process of "aging" of tobacco raw materials. *Beer and Beverages*. 2006, no. 1, pp. 46–47. (In Russian)
 5. Ren M., Qin Y., Zhang L., Zhao Y., Zhang R., Shi H. Effects of fermentation chamber temperature on microbes and quality of cigar wrapper tobacco leaves. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2023, V. 107, pp. 6469–6485. DOI: 10.1007/s00253-023-12750-7
 6. Nursten H.E. Recent developments in studies of the Maillard reaction. *Food Chemistry*. 1981, V. 6, pp. 263–277. DOI: 10.1016/0308-8146(81)90014-5
 7. Khachaturian E.E., Gvasaliya T.S., Yakimenko T.P. Two hundred factors of melanoidine making reactions. *Modern Science and Innovations*. 2014, no. 4, pp. 22–32. (In Russian)
 8. Karmanov D.A., Moiseev I.V., Leznyi V.V. Fermentation changes in the carbohydrate complex of tobacco. *Agro-industrial Technologies of Central Russia*. 2024, no. 1, pp. 36–42. DOI: 10.24888/2541-7835-2024-31-36-42 (In Russian)
 9. Roemer E., Schorp M.K., Piadé J.-J., Seeman J.I., Leyden D.E., Haussmann H.-J. Scientific assessment of the use of sugars as cigarette tobacco ingredients: A review of published and other publicly available studies. *Critical Reviews in Toxicology*. 2012, V. 42, no. 3, pp. 244–278. DOI: 10.3109/10408444.2011.650789
 10. Lysenko A.E., D'jachkin I.I., Leshchenko T.F., Antonenko I.G., Lygina L.V., Kovaleva J.V. Smoking mixture. *Patent RF*, no. 2313999 C1. 2008.
 11. Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V., Bedritskaya O.K., Matiukhina N.N. Pipe tobacco: manufacturing techniques and storage. *New Technologies*. 2015, no. 3, pp. 29–34. (In Russian)
 12. Intorp M., Nikulla Kh.-J. Tobacco processing method. *Patent RF*, no. 2242147 C1. 2004.
 13. Sutton J. Tobacco blend. *Patent RF*, no. 2728621 C1. 2020.
 14. Antonenko I.G., Leshchenko T.F., Lygina L.V., Mironskaya S.K. Tobacco sauces made from domestically produced ingredients. *Izvestia Vuzov. Food Technology*. 2002, no. 5-6, pp. 79–80. (In Russian)
 15. Lysenko A.E., D'jachkin I.I., Veter I.I., Leshchenko T.F., Antonenko I.G., Kovaleva J.V. Tobacco recycling. *Patent RF*, no. 2336000 C2. 2008.
 16. Huang L., Huang R., Zhu H., Luo C., Zhang J. Flavors for tobacco and method for its production. *Patent RF*, no. 2798577. 2023.
 17. Karmanov D.A., Leznyi V.V., Moiseev I.V. Influence of natural fermentation on the amino acid composition of tobacco blends. *Izvestia Vuzov. Food Technology*. 2024, no. 2-3, pp. 109–113. DOI: 10.26297/0579-3009.2024.2-3.18 (In Russian)
 18. Karmanov D.A., Moiseev I.V., Lezni V.V., Bondarenko D.V. Flavouring additive for tobacco raw material treatment. *Patent RF*, no. 2822264. 2024.
 19. Karmanov D.A., Moiseev I.V., Lezni V.V., Bondarenko D.V. Flavouring additive for tobacco raw material treatment. *Patent RF*, no. 2823241. 2024.
 20. Smirnova E.Yu., Gnuchikh E.V., Kirillov D.D., Slavyanskij A.A. Study of organoleptic and physical and chemical characteristics of products from smoking rolling tobacco. *New Technologies*. 2022, V. 18, no. 3, pp. 85–93. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-85-93 (In Russian).

Информация об авторах

Денис Александрович Карманов – руководитель научно-аналитической лаборатории
Евгения Вадимовна Гнучих – д-р техн. наук, заместитель директора по научной работе и инновациям
Игорь Викторович Моисеев – д-р техн. наук, президент компании
Валерий Владимирович Лёзный – заместитель генерального директора по технологии

Information about the authors

Denis A. Karmanov, Head of the Scientific and Analytical Laboratory
Evgeniya V. Gnuchikh, D. Sci. (Eng.), Deputy Director for Scientific Work and Innovations
Igor V. Moiseev, D. Sci. (Eng.), President of the company
Valerii V. Leznyi, Deputy General Director for Technology

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 21.10.2024
Одобрена после рецензирования 22.11.2024
Принята к публикации 29.11.2024

The article was submitted 21.10.2024
Approved after reviewing 22.11.2024
Accepted for publication 29.11.2024