

Заключение диссертационного совета МГУ.015.6
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета № 79 от «17» мая 2024 г. о присуждении **Боровковой Алене Николаевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Молекулярно-генетическое разнообразие культурных и природных дрожжей рода *Saccharomyces*» по специальностям 1.5.18. Микология и 1.5.7. Генетика принята к защите диссертационным советом МГУ.015.6, протокол № 75 от «05» апреля 2024 г.

Соискатель **Боровкова Алена Николаевна**, 1993 года рождения, в 2017 году окончила кафедру селекции и генетики сельскохозяйственных культур факультета агрономии, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I по направлению «Селекция и семеноводство полевых культур».

С 2017 по 2021 гг. обучалась в очной аспирантуре на кафедре микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности 03.02.12 – «Микология». Диплом об окончании аспирантуры № АА 003018 выдан в 2021 г. ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В.Ломоносова». Во время обучения сданы экзамены кандидатского минимума, в том числе кандидатский экзамен по специальности 1.5.18. Микология.

Документ, подтверждающий сдачу кандидатского экзамена по специальности 1.5.7. Генетика», выдан НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИГенетика в 2021 г.

На момент защиты диссертации соискатель работает в Центре геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий в должности научного сотрудника лаборатории молекулярной генетики дрожжей. Диссертация выполнена на кафедре микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» и в лаборатории молекулярной генетики дрожжей Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий.

Научные руководители – доктор биологических наук, профессор, начальник лаборатории молекулярной генетики дрожжей Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий **Наумова Елена Сергеевна**; доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» **Шнырева Алла Викторовна**.

Официальные оппоненты:

Калёбина Татьяна Сергеевна – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры молекулярной биологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Мироненко Нина Васильевна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета растений к болезням ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений».

Максимова Ирина Аркадьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенной микробиологии кафедры биологии почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет всего 13 печатных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, опубликованных в рецензируемых изданиях, из них 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.5.18. Микология и 1.5.7. Генетика. В работах, опубликованных в соавторстве, основополагающий вклад принадлежит соискателю.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Наумов Г.И., **Боровкова А.Н.**, Шнырёва А.В., Наумова Е.С. Филогенетическое происхождение α -глюкозидаз MAL и IMA международной генетической линии *Saccharomyces cerevisiae* S288C // Микробиология. 2019. Т.88. №1. С.45–52. (ИФ (РИНЦ) 1.052) Naumov G.I., **Borovkova A.N.**, Shnyreva A.V., Naumova E.S. Phylogenetic origin of the MAL and IMA alpha-glucosidases of the international genetic line of *Saccharomyces cerevisiae* S288C // Microbiology. 2019.V. 88. № 1. P. 39–45. (WoS JIF 1.5) Вклад автора в печатных листах: (0,5 п.л. / 0,18 п.л.)
2. **Боровкова А.Н.**, Михайлова Ю.В., Наумова Е.С. Молекулярно-генетические особенности биологических видов дрожжей *Saccharomyces* // Микробиология. 2020. Т. 89. №4. С. 390–399. (ИФ (РИНЦ) 1.052) **Borovkova A.N.**, Michailova Yu.V., Naumova E.S. Molecular genetic characteristics of the *Saccharomyces* biological species // Microbiology. 2020. V. 89. № 4. P. 387–395. (WoS JIF 1.5) (0,62 п.л. / 0,46 п.л.)
3. Наумова Е.С., **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумов Г.И. Природный полиморфизм пектиназных генов *PGU* дрожжей рода *Saccharomyces* // Микробиология. 2021. Т. 90. №3. С. 344–356. (ИФ (РИНЦ) 1.052) Naumova E.S., **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumov G.I. Natural polymorphism of pectinase *PGU* genes in the *Saccharomyces* yeasts // Microbiology. 2021. V. 90. № 3. P. 349–360. (WoS JIF 1.5) (0,81 п.л. / 0,56 п.л.)
4. **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумова Е.С. Отбор штаммов *Saccharomyces bayanus* с высокой пектинолитической активностью и филогенетический анализ генов *PGU* // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 1. С. 13–24. (ИФ (РИНЦ) 0.390) **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumova E.S. Selection of *Saccharomyces bayanus* strains with high pectinolytic activity and phylogenetic analysis of *PGU* genes // Applied Biochemistry and Microbiology. 2022. V. 58. № 9. P. 966–975. (WoS JIF 0.8) (0,75 п.л. / 0,62 п.л.)
5. **Боровкова А.Н.**, Наумов Г.И., Шнырева А.В., Наумова Е.С. Генетически изолированная популяция дрожжей *Saccharomyces bayanus* в Новой Зеландии и Австралии // Генетика.

2023. Т. 59. № 4. С. 403–416. (ИФ (РИНЦ) 0.798) **Borovkova A.N.**, Naumov G.I., Shnyreva A.V., Naumova E.S. A genetically isolated population of *Saccharomyces bayanus* in New Zealand and Australia // Russian Journal of Genetics. 2023. V. 59. № 4. P. 344–355. (WoS JIF 0.6) (0,87 п.л. / 0,53 п.л.)

6. **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумова Е.С. Пектинолитические дрожжи *Saccharomyces paradoxus* – новый генофонд для виноделия // Микробиология. 2023. Т. 92. № 2. С. 219–232. (ИФ (РИНЦ) 1.052) **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumova E.S. Pectinolytic yeast *Saccharomyces paradoxus* as a new gene pool for winemaking // Microbiology. 2023. V. 92. № 2. P. 256–268. (WoS JIF 1.5) (0,87 п.л. / 0,63 п.л.).

На автореферат поступило 7 **дополнительных отзывов**, отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался близостью их научных интересов к теме диссертации, наличием значительного числа публикаций в соответствующей сфере исследования, высоким уровнем профессионализма и отсутствием формальных препятствий к оппонированию.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

– впервые в России обнаружен редкий вид *Saccharomyces jurei* и изучен его молекулярный кариотип;

– с помощью методов молекулярной и классической генетики охарактеризован комплексный вид *Saccharomyces bayanus*, в пределах которого дифференцировано пять популяций: *S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *ivarum*, *S. eubayanus*, новозеландская и западнокитайская. Показано, что указанные популяции относятся к одному биологическому виду *S. bayanus* с дивергенцией геномов на уровне таксономических разновидностей;

– установлено общее происхождение близкородственных α -глюкозидаз (IMA и MAL) у дрожжей родов *Saccharomyces*, *Lachancea* и *Kluveromyces*, которые возникли в геноме общего протоплоидного предка этих родов до момента их эволюционного расхождения и полной дубликации генома *Saccharomyces*. Дивергентная изомальтаза IMA5 появилась в геноме видов рода *Saccharomyces* уже после их расхождения с протоплоидными дрожжами *Lachancea* и *Kluveromyces*;

– впервые проведен масштабный скрининг пектинолитической активности у 541 штамма восьми видов рода *Saccharomyces* и обнаружен значительный внутри- и межвидовой полиморфизм этого признака;

– показано, что наибольшая пектинолитическая активность характерна для видов *S. bayanus* и *S. paradoxus*;

– впервые установлено, что виды *S. arboricola*, *S. cariocanus*, *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii* и *S. paradoxus* обладают только одним геном *PGU*, расположенным на хромосоме X. У остальных видов обнаружены полимерные гены *PGU* разной хромосомной локализации: у *S. mikatae* и *S. jurei* – на хромосомах X и VIII, у *S. bayanus* – на хромосомах X, I и XIV.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

проведенные соискателем исследования и их результаты вносят вклад в фундаментальные исследования молекулярно-генетического разнообразия дрожжей-сахаромицетов, а также имеют существенное значение для систематики дрожжей рода *Saccharomyces* и изучения мультигенных семейств генов гидролиза пектиновых соединений и генов ферментации различных сахаров.

Показано сложное строение холодоустойчивого вида *S. bayanus*, представленного пятью частично генетически изолированными популяциями - *S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *ivarum*, *S. eubayanus*, западнокитайской и новозеландской, - которые характеризуются дивергенцией геномов в пределах вида. Установлено филогенетическое происхождение α -глюкозидаз IMA и MAL дрожжей-сахаромицетов и проведено хромосомное картирование пектиназных генов *PGU* у всех восьми видов рода *Saccharomyces*.

Значение полученных соискателем результатов для практики

Полученные соискателем результаты имеют большое прикладное значение. Разработан экспресс-метод молекулярной дифференциации редкого вида дрожжей *Saccharomyces jurei*. Впервые показана перспективность применения природных дрожжей *S. paradoxus* в качестве нового генофонда для селекции винных дрожжей. Обнаружены штаммы *S. cerevisiae*, *S. bayanus* и *S. paradoxus*, секретирующие активную эндополигалактуроназу и представляющие интерес для виноделия России. В ходе выполнения работы создана коллекция охарактеризованных молекулярными методами штаммов дрожжей видов *S. cerevisiae*, *S. bayanus* и *S. paradoxus*, которая может быть использована в дальнейших фундаментальных исследованиях, а также в селекционных и биотехнологических разработках.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку.

1. Редкий вид *S. jurei* филогенетически наиболее близок виду *S. mikatae*. В кариотипе *S. jurei* имеется две реципрокные транслокации – одна уникальная (хромосомы I/XIII), а вторая общая с видом *S. mikatae*: VI/VII. Только хромосома III имеет примерно одинаковые размеры у всех видов рода *Saccharomyces*.
2. Комплексный вид *S. bayanus* включает пять генетических популяций (*S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *ivarum*, *S. eubayanus*, новозеландская и западнокитайская), которые относятся к одному биологическому виду *S. bayanus*, обладая дивергенцией геномов на уровне таксономических разновидностей.
3. Гены изомальтаз IMA и мальтаз MAL имелись в геноме общего протоплоидного предка дрожжей родов *Saccharomyces*, *Lachancea* и *Kluveromyces*, т.е. возникли еще до

эволюционного расхождения этих родов и прежде, чем произошла полная дупликация генома *Saccharomyces*. Дивергентная изомальтаза IMA5 появилась в геноме дрожжей рода *Saccharomyces* уже после их расхождения с дрожжами *Lachancea* и *Kluveromyces*.

4. Способность секретировать активную эндо-полигалактуроназу является видовой особенностью дрожжей *S. bayanus* и *S. paradoxus*. Виды *S. arboricola*, *S. cariocanus*, *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii* и *S. paradoxus* обладают только одним геном *PGU*, расположенным в хромосоме X. У остальных трех видов имеются полимерные копии генов *PGU* разной хромосомной локализации: у видов *S. mikatae* и *S. jurei* на хромосомах X и VIII, у вида *S. bayanus* на хромосомах X, I и XIV. Обнаружен внутривидовой полиморфизм генов *PGU* у дрожжей *S. kudriavzevii*, который определяется географическим происхождением штаммов.

На заседании «17» мая 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить **Боровковой Алене Николаевне** ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **23** человек, из них **6** докторов наук по специальности 1.5.18. Микология и **3** доктора наук по специальности 1.5.7. Генетика, участвовавших в заседании, из **32** человек (дополнительно введены на разовую защиту **3** человека), входящих в состав совета, проголосовали: «ЗА» – **22**, «ПРОТИВ» – **0**, недействительных бюллетеней – **1**.

Председатель
диссертационного совета

Ильинский В.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гершкович Д.М.

«17» мая 2024 г.