

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИЛЫ МУКИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ

Сибирина Татьяна Фёдоровна

к.б.н., доцент кафедры агроинженерии,
директор Ачинского филиала Красноярского ГАУ
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Ачинский филиал
Россия, г. Ачинск

Мельникова Екатерина Валерьевна

к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного,
кондитерского и макаронного производств
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ
Россия, г. Красноярск

Мордвинова Надежда Михайловна

Агроном-технолог Агрохолдинга «Сибиряк»,
ОП «Краснополянское»

Россия, г. Назарово, с. Красная Поляна

Полубояринов Николай Александрович

старший преподаватель кафедры агроинженерии
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Ачинский филиал
Россия, г. Ачинск

Беляков Алексей Андреевич

к.т.н., доцент кафедры экономики и управления АПК
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Ачинский филиал
Россия, г. Ачинск

Аннотация. Продолжены исследования механизма формирования продуктивности яровой пшеницы, охватывающие экспертную оценку качества зерна и хлебопекарные свойства пшеничной муки, полученных в природно-климатических и производственных условиях лесостепной зоны Красноярского края. Выполненный анализ многолетней агрономической практики в Назаровском районе Красноярского края показал, что количество клейковины и индекс деформации клейковины по-разному влияют на качество зерна и качество муки яровой пшеницы. В полевых и лабораторных опытах изучено влияние процесса формирования клейковины зерна на хлебопекарные свойства муки яровой пшеницы, возделываемой в типовых условиях лесостепной зоны Назаровского района.

Предложено теоретическое уточнение понятия силы пшеничной муки, как показателя, численно характеризующего хлебопекарные свойства данной муки и обобщающего существующие показатели качества зерна пшеницы в условиях лесостепи. На примере модельного сорта обоснована возможность прогнозирования хлебопекарных свойств и сформулированы критерии хлебопекарной пригодности муки яровой пшеницы. Имитация и прогнозирование количества клейковины, индекса деформации клейковины зерна и силы муки яровой пшеницы, учитывающие особенности возделываемых сортов, природно-климатических и производственных условий необходимы для более глубокого изучения вопроса продовольственного обеспечения населения Красноярского края.

Ключевые слова. Прогнозирование, имитация, качество муки, качество зерна, яровая пшеница, сила муки, сила зерна, сильная мука, хлебопекарные свойства муки, пшеничный хлеб, обобщённый показатель качества, критерии хлебопекарной пригодности пшеничной муки, клейковина зерна, лесостепь, полевой и лабораторный опыт.

FORECASTING THE STRENGTH OF SPRING WHEAT FLOUR CULTIVATED IN FOREST-STEPPE CONDITIONS

Sibirina Tatiana Fyodorovna

Ph.D, associate Professor, Chair of Agroengineering
Achinsk branch of the Krasnoyarsk State Agrarian University
Director of the Achinsk branch of the Krasnoyarsk SAU
Russia, the city of Achinsk

Melnikova Ekaterina Valerievna

Ph.D., associate professor, Chair of baking
confectionery and pasta technology productions
Krasnoyarsk State Agrarian University
Russia, the city of Krasnoyarsk

Mordvinova Nadezhda Mikhailovna

Agronomist-technologist of the Sibiryak Agricultural holding,
Separate division "Krasnopolyanskoe"
Russia, the city of Nazarovo, with. Krasnaya Polyana

Poluboyarinov Nikolay Aleksandrovich

Senior lecturer, Chair of Agroengineering
Achinsk branch of the Krasnoyarsk State Agrarian University
Russia, the city of Achinsk

Belyakov Alexey Andreevich

Ph.D., associate professor, Chair of Economics and Management AIC
Achinsk branch of the Krasnoyarsk State Agrarian University
Russia, the city of Achinsk

Annotation. Studies of the mechanism of formation of spring wheat productivity are continued, covering an expert assessment of the quality of grain and the baking properties of wheat flour obtained in the climatic and industrial conditions of the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory. An analysis of many years of agronomic practice in the Nazarovsky district of the Krasnoyarsk Territory showed that the amount of gluten and the gluten deformation index affect the grain quality and the quality of spring wheat flour in different ways. In field and laboratory experiments, the influence of the process of formation of gluten-guilt of grain on the baking properties of spring wheat flour, cultivated under typical conditions of the forest-steppe zone of the Nazarovsky district, was studied.

A theoretical clarification of the concept of the strength of wheat flour is proposed, as an indicator numerically characterizing the baking properties of this flour and summarizing the existing indicators of the quality of wheat grain in the forest-steppe environment. Using the example of a model variety, the possibility of predicting the baking properties is substantiated and the criteria for the baking suitability of spring wheat flour are formulated. Simulation and prediction of the amount of gluten, the gluten deformation index of grain and the strength of spring wheat flour, taking into account the peculiarities of cultivated varieties, climatic and production conditions, are necessary for a deeper study of the food supply of the population of the Krasnoyarsk Territory.

Key words. Forecasting, imitation, flour quality, grain quality, spring wheat, flour strength, grain strength, strong flour, baking properties of flour, wheat bread, generalized quality indicator, wheat flour baking suitability, grain gluten, forest steppe, field and laboratory experience.

Введение. Хлебопекарные свойства муки яровой пшеницы непосредственно зависят от уровня белков, углеводов, активности ферментов, то есть от состояния белково-протеинового комплекса исходного зерна. Они обусловлены выбором модельного сорта и природно-климатическими условиями географического размещения модельного зернового комплекса, которые в целом влияют на процесс формирования продуктивности яровой пшеницы [10, 11].

Эквивалент хлебопекарной пригодности пшеничной муки может быть определён различными способами исходя из основных и обобщённых показателей качества таких как, количество клейковины, индекс деформации клейковины, число падения α -амилазы, натура зерна, сила муки и др.

Однако в агрономической и хлебопекарной практике используют понятие силы муки без указания числового эквивалента, но полагают, что чем больше сила муки, тем лучше её хлебопекарные свойства [2, 7].

Хорошо известно, что сильную муку вырабатывают из зерна сильной пшеницы. При этом тесто, замешенное из сильной муки (ранга 1) имеет высокую газообразующую способность, хорошо разделяется на машинах, а выпеченный из неё хлеб имеет правильную шарообразную форму и, соответственно, большой объём [12, 13]. В противоположность, тесто из более слабой муки (ранга меньше 1), вследствие интенсивного протеолиза, имеет низкую упругость, повышенную липкость, а тестовые заготовки более слабые — в процессе расстойки расплываются. Кроме того, слабая мука имеет более слабую способность к связыванию воды. Поэтому при замесе слабой муки добавляют меньше воды, чем положено для сильной муки от зерна сильной пшеницы. Хлебобулочное изделие, выпеченный из более слабой муки (рангов меньше 1) получает меньший объём в расплывчатую менее шарообразную форму.

Цель исследования. Обосновать возможность имитации и прогнозирования хлебопекарных свойств муки при выбранной оценке качества зерна яровой пшеницы, возделываемой в природно-климатических и производственных условиях Назаровского района, расположенного в лесостепной зоне Красноярского края.

Задачи исследования. Систематизировать данные лабораторных опытов по количеству клейковины зерна, деформации клейковины и силе получаемой муки яровой пшеницы; разработать экспертно-аналитическую модель силы муки яровой пшеницы для числовой оценки её хлебопекарной пригодности; выполнить имитацию показателя силы муки исходя из данных по количеству клейковины и деформации клейковины зерна яровой пшеницы сорта Новосибирская 31, возделываемой в лесостепной зоне Красноярского края.

Объект исследования. Механизм формирования хлебопекарных свойств яровой пшеницы, возделываемой в лесостепной зоне Назаровского района Красноярского края.

Предмет исследования. Закономерности изменения силы пшеничной муки, как уточнённого показателя её хлебопекарной пригодности.

Условия и методы исследований. Полевые и лабораторные исследования включают 145 опытов по анализу клейковины зерна и оценке хлебопекарных свойств муки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31, выполненные в период с 21.08.2014 по 16.10.2017 г на полевом стационаре ОП «Краснополянское» Агрохолдинга «Сибиряк». В лабораторных опытах использованы поверенные измерительные приборы: Glutomatic 2100 — для измерения количества клейковины зерна, ИДК-3М — для измерения индекса деформации (упругости) клейковины зерна, поточный инфракрасный экспресс-анализатор DA 7300 — для анализа силы муки, альвеограф AlveoPC — для комплексного определения показателей качества муки [4, 12, 13]; за основу экспертного анализа взята классическая биотехнология производства муки на малых мельзаводах из пшеничного зерна, выращенного в метеоусловиях лесостепи [2, 6, 7].

Использованы методы прикладного моделирования [3, 8, 9], пакет регрессионного анализа DataFit, табличный процессор MsExcel. Адекватность модели проверена с

помощью F-критерия Фишера, а значимость всех коэффициентов регрессии установлена с использованием t-критерия Стьюдента в пакете Statistics системы компьютерной математики Maple [1, 4].

Результаты исследования и обсуждение. Для определённости рассуждений авторы дают экспертный анализ муки и её дополнителя (улучшителя) определённого действия, уточняют понятие силы муки, как ранг, присваиваемый исходя из её хлебопекарных свойств: 500/500 — отличная мука, 491/500 — хорошая мука. Муку ранга ниже 491/500 логично считать слабой мукой (табл. 1).

Таблица 1 – Характеризация и экспертная уточняющая оценка хлебопекарной пригодности пшеничной муки

Кол-во клейковины	Деформ. клейков. (ИДК)	Характер. муки	Эксперт. оценка	Характер. допол.	Назнач. муки
0 ... 7	0 ... 30	неудовл.	107/500	восстан.	техн.
7 ... 15	30 ... 35	удовл.	239/500	восстан.	корм.
15 ... 20	35 ... 40	удовл.	329/500	восстан.	корм.
20 ... 25	40 ... 50	удовл.	409/500	восстан.	корм.
25 ... 28	50 ... 55	удовл.	468/500	восстан.	корм.
28 ... 31	55 ... 60	хорош.	491/500	нейтр.	хлеб
31 ... 35	60 ... 64	отличн.	1	нейтр.	хлеб
35 ... 38	64 ... 70	хорош.	491/500	нейтр.	хлеб
38 ... 41	70 ... 75	удовл.	463/500	окисл.	корм.
41 ... 44	75 ... 80	удовл.	423/500	окисл.	корм.
44 ... 47	80 ... 100	удовл.	217/500	окисл.	корм.
47 ... 50	100 ... 105	удовл.	53/500	окисл.	корм.
50 ... 100	105 ... 150	неудовл.	25/500	окисл.	техн.

Гипотеза об уточнении понятия силы муки. Предположим, что имеются две пшеничные муки M_1 и M_2 , причём мука M_1 характеризуется количеством и упругостью клейковины $K = K_1$ и $J = J_1$, а мука M_2 — аналогичными значениями $K = K_2$ и $J = J_2$ и пусть (по результату экспертной оценки хлебопекарных свойств) мука M_2 оказалась сильнее муки M_1 или, что тоже самое, мука M_1 слабее муки M_2 .

Тогда существует такая функция $F(K, J)$, уточняющая исходной понятие силы муки, что имеет место неравенство

$$F(K_1, J_1) < F(K_2, J_2).$$

Уточнённое понятие силы пшеничной муки (F), характеризующее её хлебопекарные свойства с учётом количества (K) клейковины и упругости (J) клейковины зерна яровой пшеницы вводим по формуле

$$F(K, J) = \exp\left(a_K \cdot (K - K^*)^2 + a_J \cdot (J - J^*)^2 - b_{K,J} \cdot (K - K^*) \cdot (J - J^*)\right),$$

где $a_K, a_J, b_{K,J}$ — структурные коэффициенты.

Будем предполагать, что функция $F(K, J)$ ограничена на компакте $\Omega = [0; 100] \times [0; 150]$ и имеет на нём единственную точку максимума (K^*, J^*) , соответствующую самой сильной пшеничной муке с наилучшими хлебопекарными свойствами

$$0 < F(K, J) \leq 1,$$

$$\max F(K, J) = F(K^*, J^*) = 1.$$

Значения структурных коэффициентов отыскиваются в предположении ограниченности функции и единственности её максимума.

Экспертно-аналитическая модель силы муки как уточнённого показателя (F) в зависимости от количества (K) клейковины и упругости (J) клейковины зерна определяется функцией (рис. 2):

$$F(K, J) = \exp\left(-0,011102 \cdot (K - 33)^2 - 0,005077 \cdot (J - 62)^2 + 0,013946 \cdot (K - 33) \cdot (J - 62^*)\right).$$

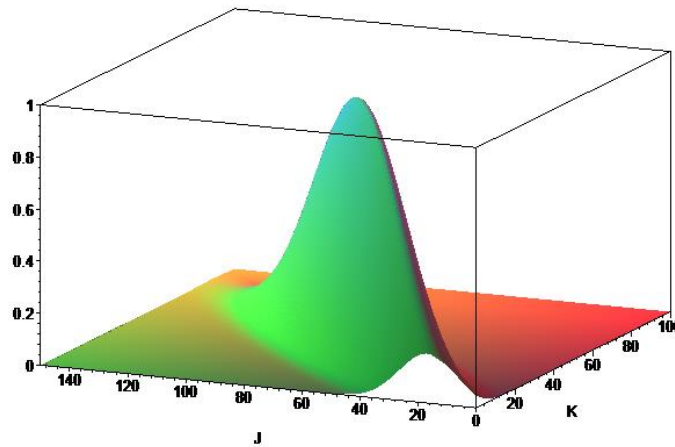


Рисунок 1 – Зависимость силы муки от количества (K) клейковины и упругости (J) клейковины зерна яровой пшеницы в окрестности точки максимума с координатами $K^* = 33, J^* = 62$

Заметим, что предложенную экспертно-аналитическую модель силы муки $F = F(K, J)$ **можно масштабировать**, определив зависимость от числа (H) падения α -амилазы, натуры (N) и других показателей (x_5, \dots, x_n) качества зерна

$$F = F(K, J, H, N, x_5, \dots, x_n)$$

Критерий хлебопекарной пригодности муки. Предположим, что имеется пшеничная мука M_0 , которая характеризуется количеством и упругостью клейковины $K = K_0$ и $J = J_0$ и пусть \hat{F} — пороговое значение силы муки $F(K, J)$, установленное по хлебопекарным свойствам пшеничной муки, называемое критериальным уровнем.

Если для данной муки M_0 окажется, что её сила $F(K_0, J_0)$ превышает критериальный уровень \hat{F}

$$F(K_0, J_0) > \hat{F},$$

то хлебопекарные свойства муки M_0 достаточны для использования её в производстве хлебобулочных изделий. В противном случае, если

$$F(K_0, J_0) \leq \hat{F},$$

то мука M_0 непригодна для хлебопечения без внесения в неё дополнителя.

Для определённости рассуждений авторы задают критериальный уровень

$$\hat{F} = 92,6\%$$

отвечающий опытными данным и экспертной оценке (см. табл. 1).

Экспертная обработка материала включала: ранжирование, группировку и цензурирование опытных данных по количеству клейковины зерна, деформации клейковины и силе получаемой муки яровой пшеницы, а также расчёт вариации и других статистических коэффициентов (табл. 2–4, рис. 3–5).

Таблица 2 – Лабораторные данные и числовые характеристики клейковины зерна, экспертная оценка силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская

31

и их статистические параметры, 2014–2017 гг.

Моменты общего периода наблюдения*		Кол-во клейковины	Деформ. клейков. (ИДК)	Эксперт. оценка
21.08.2014	21	28,00	86,00	0,0076
...
17.09.2014	48	26,00	78,00	0,0332
08.08.2015	8	20,00	96,00	0,0000
...
30.08.2015	30	28,00	84,00	0,0140
16.08.2016	16	32,00	74,00	0,4027
...
16.10.2016	77	24,00	72,00	0,0698
16.08.2017	16	28,00	78,00	0,0677
...
16.10.2017	77	22,00	96,00	0,0000
Минимальное зн.		18,00	60,00	0,0000
Среднее зн.		26,11	84,15	0,0568
Максимальное зн.		40,00	106,00	0,9273
Стандартное откл.		3,84	9,32	0,1412
Вариация, %		14,72	11,08	248,6687
Асимметрия		0,43	-0,16	4,5118
Эксцесс		0,75	-0,41	22,9526
Коэффициенты линейной корреляции и детерминации		-0,05		96%

*) 145 опытов

Полученные экспертные оценки и модельное представление силы муки характерны для условий лесостепной зоны Назаровского района, в котором расположен зерновой комплекс Агрохолдинга «Сибиряк» (рис. 2).

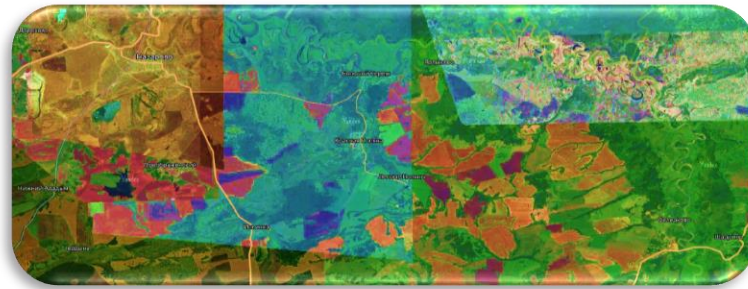


Рисунок 2 – Распределение опытных полей Агрохолдинга «Сибиряк» (Обращение к сервису Яндекс.Карты, 2019 г.)

Легко видеть, что сила муки в уточнённом смысле по большинству полей Агрохолдинга «Сибиряк» оказалась меньше критериального уровня $\hat{F} = 92,6\%$, необходимого для хлебопекарной пригодности муки без использования дополнителя (улучшителя муки). Этим объясняется сложившаяся практика добавления различных улучшителей окислительного действия в муку из зерна, выращенного и переработанного в Назаровском районе.

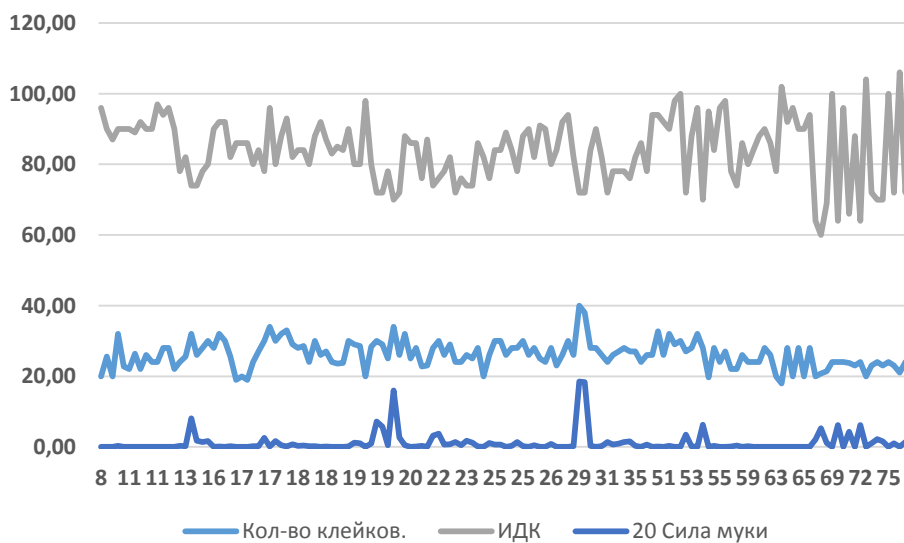


Рисунок 3 – Динамика показателей клейковины зерна и умноженной на 20 силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 (по опытным данным)

Наблюдения за вегетацией и качеством зерна сорта Новосибирская 31 выявили факт нестабильности показателей её клейковины и, в частности, в исследуемый 4-летний период полевых и лабораторных опытов: вариация ИДК принимает значения от 5,71% до 12,38% и превышает пороговое значение 5% (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3 – Распределение показателей клейковины зерна яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 по годам наблюдений, 2014–2017 гг. (по опытным данным)

Показатель	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	Кол-во клейковины	ИДК	Кол-во клейковины	ИДК	Кол-во клейковины	ИДК	Кол-во клейковины	ИДК
Мин.зн.	20,00	72,00	19,00	78,00	19,70	60,00	18,00	70,00
Ср. зн.	26,46	80,22	24,44	88,60	26,64	81,82	26,07	89,68
Макс.зн.	30,00	90,00	32,00	97,00	40,00	100,00	34,00	106,00
Ст.откл.	2,34	5,01	3,45	5,06	4,11	10,13	4,52	9,60
Вар., %	8,83	6,25	14,10	5,71	15,42	12,38	17,34	10,70
Асимм.	-0,55	0,17	0,16	-0,29	0,89	-0,17	-0,11	-0,44
Эксц.	0,52	-0,94	-0,45	-0,48	1,25	-0,87	-1,08	-0,47
Корр.	0,24		0,13		0,10		-0,27	

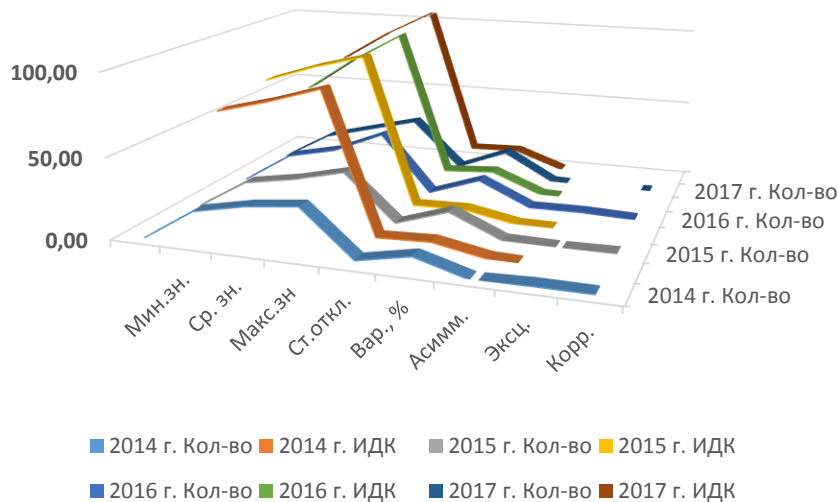


Рисунок 4 – Изменение показателей клейковины зерна яровой пшеницы по годам наблюдений, 2014–2017 гг.

Таким образом, констатируем, что пшеничная мука, получаемая из зерна модельного сорта Новосибирская 31 в условиях лесостепи Назаровского района в период 2014–2017 гг. не обладала высокими хлебопекарными свойствами, а определяющие её показатели качества зерна сильно варьировали.

Двойственная оценка силы муки. Силу дополнителя, вносимого в пшеничную муку для доведения её до муки максимальной силы, логично ввести как двойственную оценку

$$\bar{F}(K, J) = 1 - F(K, J)$$

силы данной пшеничной муки. Например, для хорошей муки, имеющей силу $F = 98,2\% = 0,982$ получаем силу её дополнителя нейтрального действия (улучшитель муки не используется)

$$\bar{F} = 1 - 0,982 = 0,018 = 1,8\% .$$

В общем, чем больше сила муки, тем меньше сила её дополнителя и наоборот. Критическое значение силы дополнителя определяется разностью

$$1 - \hat{F} = 1 - 0,926 = 0,074 .$$

Пшеничная мука обладает достаточными свойствами хлебопекарной пригодности без внесения в неё дополнителя (улучшителя муки) при выполнении условия

$$\bar{F}(K, J) \leq 1 - \hat{F} = 0,074 .$$

Уровень детерминации силы муки. Анализ исходных и сгруппированных по интервалам данных показал, что сила муки $F(K, J)$ как уточнённый показатель детерминирована более чем на 95% (см. табл. 2, табл. 4).

Таблица 4 – Сгруппированные данные по клейковине зерна и оценке силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 и их статистические параметры для годового периода наблюдения с 8 августа по 16 октября

Интервалы продолжительности наблюдения		Кол-во клейков.	Деформ. клейков. (ИДК)	Эксперт. оценка
8 авг. – 14 авг.	8 ... 14	24,53	90,06	0,0003
15 авг. – 21 авг.	15 ... 21	27,31	83,33	0,0128
22 авг. – 28 авг.	22 ... 28	26,72	82,40	0,0131
29 авг. – 04 сент.	29 ... 35	28,75	78,83	0,0716
05 сент. – 18 сент.	36 ... 49	25,00	82,00	0,0069
19 сент. – 25 сент.	50 ... 56	27,81	90,50	0,0015
26 сент. – 02 окт.	57 ... 63	23,82	85,27	0,0013
03 окт. – 09 окт.	64 ... 70	23,02	82,30	0,0024
10 окт. – 16 окт.	71 ... 77	22,90	81,67	0,0028
Минимальное зн.		22,90	78,83	0,0003
Среднее зн.		25,54	84,04	0,0125
Максимальное зн.		28,75	90,50	0,0716
Стандартное откл.		2,10	3,84	0,0227
Вариация, %		8,21	4,57	181,1478
Асимметрия		0,18	0,85	2,7490
Эксцесс		-1,62	-0,17	7,8383
Коэффициенты линейной корреляции и детерминации		-0,03		0,97

После выполненной группировки по интервалам амплитуды колебаний основных показателей качества (количества клейковины, индекса деформации клейковины)

уменьшились в следствие взаимного погашения различных погрешностей при усреднении данных на интервалах: уменьшилась вариация данных (см. табл. 2–4, рис. 3, 5).

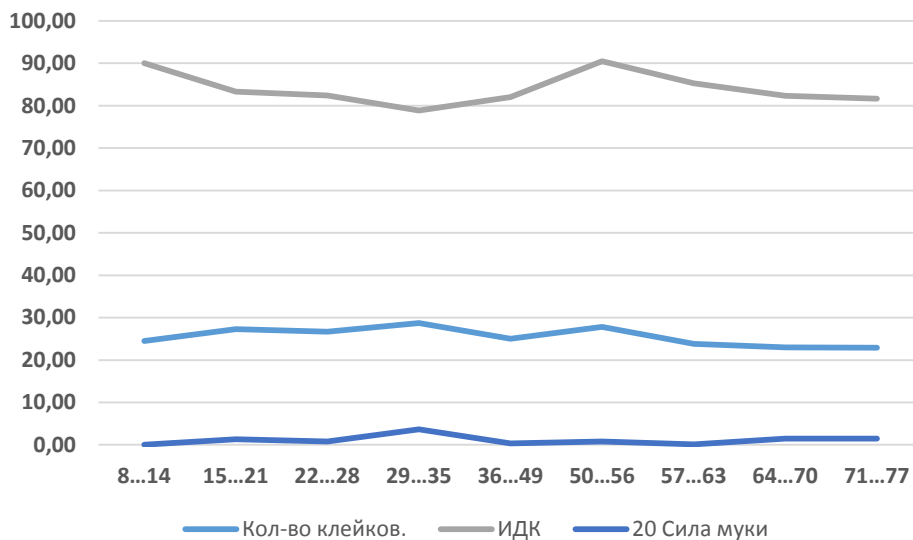


Рисунок 5 – Динамика показателей клейковины зерна и умноженной на 20 силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 (по сгруппированным данным)

Имитация и прогнозирование силы муки. Модель силы муки в уточнённом смысле может быть использована в прогностических целях, поскольку уровень её детерминированности от количества клейковины и индекса деформации клейковины равен 97,23% — выше 95%, а относительная погрешность отклонения вычисленной силы муки от исходных опытных значений 3,8% — ниже 5%. На основе полученного модельного представления силы муки и критерия хлебопекарной пригодности муки выполнена имитация силы муки исходя из разыгранных по равномерному закону двух основных показателей качества зерна яровой пшеницы: количеству клейковины и индексу деформации клейковины зерна (табл. 5, рис. 6).

Таблица 5 – Имитация показателей клейковины зерна и силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 и их статистические параметры

Кол-во клейков.		Деформ. клейков. (ИДК)		Сила муки	Сила дополн.
интервал	значение	интервал	значение		
0 ... 7	2	0 ... 30	27	0,1725	0,8275
7 ... 15	7	30 ... 35	32	0,3022	0,6978
15 ... 20	20	35 ... 40	36	0,5517	0,4483
20 ... 25	22	40 ... 50	42	0,7363	0,2637
25 ... 28	27	50 ... 55	50	0,8810	0,1190
28 ... 31	31	55 ... 60	59	0,9936	0,0064
31 ... 35	33	60 ... 64	60	0,9799	0,0201
35 ... 38	36	64 ... 70	66	0,9863	0,0137
38 ... 41	39	70 ... 75	75	0,8437	0,1563
41 ... 44	43	75 ... 80	76	0,8582	0,1418

Кол-во клейков.		Деформ. клейков. (ИДК)		Сила муки	Сила дополн.
интервал	значение	интервал	значение		
44 ... 47	45	80 ... 100	80	0,7934	0,2066
47 ... 50	47	100 ... 105	102	0,0829	0,9171
50 ... 100	63	105 ... 150	114	0,1402	0,8598
(1)	2,00	(1)	27,00	0,0829	0,0064
(2)	31,92	(2)	63,00	0,6402	0,3599
(3)	63,00	(3)	114,00	0,9936	0,9171
(4)	16,68	(4)	26,38	0,3465	0,3465
(5)	52,24	(5)	41,88	54,1330	96,3010
(6)	-0,16	(6)	0,50	-0,6566	0,6566
(7)	0,08	(7)	-0,35	-1,3354	-1,3355

1) Минимальное зн.; 2) Среднее зн.; 3) Максимальное зн.; 4) Стандартное откл.; 5) Вариация, %; 6) Асимметрия; 7) Эксцесс

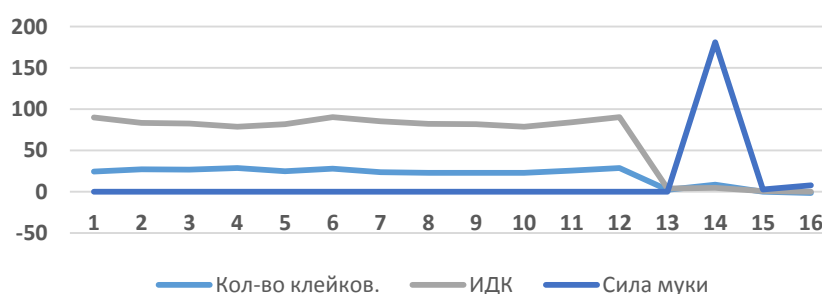


Рисунок 6 – Имитация 20-и значений показателей клейковины зерна и умноженной на 20 силы муки яровой пшеницы сорта Новосибирская

31

Легко видеть, что сила муки в уточнённом смысле по большинству генерируемых на компьютере вариантов, также как и по опытным вариантам, оказалась меньше критериального уровня $\hat{F} = 92,6\%$, необходимого для хлебопекарной пригодности муки без использования дополнителя (см. табл. 2, 4, 5). Она пригодна для производства хлебобулочных изделий лишь с внесением в неё дополнителя (улучшителя муки окислительного действия).

Заключение

Сопоставлением результатов установлено, что экспертно-аналитические модели состояния зерна и свойств пшеничной муки, а также аналогичные модели прогнозирования производственного процесса яровой пшеницы, описываются группой общих показателей функционирования различных подсистем биогеоценоза, территориально ограниченного режимами температуры и осадков лесостепной зоны Назаровского района Красноярского края.

Выводы

1. На основе сформулированной гипотезы об уточнении понятия силы муки систематизированы данные лабораторных опытов по количеству клейковины зерна,

деформации клейковины и численной оценке силы муки яровой пшеницы, возделываемой в лесостепной зоне Красноярского края.

2. Разработанная экспертно-аналитическая модель силы пшеничной муки использована для прогнозирования, числовой оценки и имитации хлебопекарной пригодности муки яровой пшеницы, возделываемой в природно-климатических и производственных условиях Назаровского района Красноярского края.

3. Выполненная имитация силы муки из зерна сорта Новосибирская 31 при сопоставлении с данными полевых и лабораторных опытов показала, что в период 2014–2017 гг. данная мука, без внесения дополнителя (улучшителя) окислительного действия, не обладала достаточными хлебопекарными свойствами, требуемыми для выпуска хлебобулочных изделий.

Список литературы:

1. Аладьев В.З. Эффективная работа в Maple 6/7 / В.З. Аладьев. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002 – 336 с.
2. Вашкевич В.В., Горнец О.Б., Ильичёв Г.Н. Технология производства муки на промышленных и малых мельзаводах / В.В. Вашкевич, О.Б. Горнец, Г.Н. Ильичёв. – Барнаул: Алтайский ГАУ, 1999. – 215 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2012. – 816 с.
6. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 297 с.
7. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. – М.: ДеЛи, 2001. – 150 с.
8. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
9. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А.Н. Полевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 208 с.
10. Сибирина Т.Ф. и др. Адаптивный прогноз урожайности яровой пшеницы в лесостепной зоне при дифференциации по режимам температуры и осадков / Т.Ф. Сибирина, Е.В. Мельникова, Н.М. Мордвинова, Н.А. Полубояринов, А.А. Беляков // Эпоха науки. – Ачинск: АФ Красноярского ГАУ, 2019. – № 20. – С. 77–89.
11. Сибирина Т.Ф. и др. Программирование и имитация урожайности зерновых культур при балансе запаса продуктивной влаги и водопотребления растений в полевых / Т.Ф. Сибирина, Е.В. Мельникова, Н.М. Мордвинова, Н.А. Полубояринов, А.А. Беляков // Эпоха науки. – Ачинск: АФ Красноярского ГАУ, 2019. – № 18. – С. 87–100.
12. Скуратовская О.Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. 1. Хлебобулочные изделия / О.Д. Скуратовская. – М.: ДеЛи, 2000. – 100 с.
13. Фейденгольд В.Б., Маевская С.Л. Лабораторное оборудование для контроля качества зерна и продуктов его переработки / В.Б. Фейденгольд, С.Л. Маевская. – М.: ЗооМедВет, 2001. – 237 с.

