

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-87-98>

УДК 664.66.014

© 2022

Поступила 19.04.2022

Received 19.04.2022



Принята в печать 11.05.2022

Accepted 11.05.2022

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

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

THE INFLUENCE OF THE JAPANESE MILLET FLOUR AND THE METHOD OF DOUGH PREPARATION ON THE FORMATION OF THE AROMA OF BAKERY PRODUCTS

Nadezhda N. Filonova, Ekaterina A. Marinina*,
Madina K. Sadygova, Angela V. Kondrashova

*Saratov State Pedagogical University named after N.I. Vavilov;
1 Teatralnaya sq., Saratov, 410012, the Russian Federation*

Abstract. The article presents the results of a study of the formation of aroma-forming substances in bakery products with the addition of paize flour to the recipe. Instrumental assessment of the smell of products was carried out on the smell analyzer «MAG-8» with the methodology «electronic nose». The variants of the experiment differ in the content of paize flour 15–20%, according to the method of preparing the dough: the biological method of loosening – bread, bread sticks, unleavened dough – bread skewers. With the help of an «electronic nose», it was instrumentally proved on the MAG-8 odor analyzer that for the samples submitted for testing, the smell is correct and not pronounced, aromatic additives and odor enhancers, as well as the presence of destructive processes and mold formation are absent. When comparing the volatile compounds in the samples quantitatively, it should be noted that since the semi-finished bread undergoes longer fermentation than breadsticks, the content of alcohols and ketones is 22% higher, and compared with bread skewers, where there is no fermentation process, they are 93% more, a similar picture with acids. However, when comparing the content of individual components in samples, especially oxygen-containing compounds, they are almost twice as large in the absence of a biological method of loosening in bread skewers. For consumer evaluation, such changes are not significant for those samples in the formulation of which the content of paize flour is no more than 15% and recognized by consumers according to organoleptic indicators.

Keywords: paize flour, chronochastogram, electronic nose, sensors, volatile compounds, «visual imprint», Fractions, Medicinal mixtures

For citation: Filonova N.N. [et al.] *The influence of the japanese millet flour and the method of dough preparation on the formation of the aroma of bakery products. New technologies. 2022; 18(2): 87-98. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-87-98>*

Introduction. The quality of food products, including bread, is understood as a set of characteristics that determine the

consumer properties of the finished product and ensure its safety for humans. However, it would be completely wrong to assess the

nutritional value of bread only from the point of view of its chemical composition, without taking into account such properties as taste, aroma, porosity of the crumb and the appearance of bread, since according to Academician I.P. Pavlov, only that food is useful that is pleasant [Egorova].

Consumer acceptability is an expression of the consumer's attitude to the product. Consumer recognition is the most important information of interest to marketers and developers. There are many methods that make it possible to evaluate the impression of the product and determine the preference of consumers [kisel].

The problem of nutrition correction is relevant and defines as a priority the increase in the production of nutrient-enriched mass-consumption food products, including bakery products. Bakery products consistently maintain their positions in the list of food products of mass consumption.

In our country, the issues of providing the population with not only high-quality, but also healthy food are very relevant. Rector of MGUPP M.G. Balykhin (2019) speaking at the 3rd International scientific and practical conference «Functional food: scientific foundations of development, production and consumption» noted that «today our science is ready to implement developments related to functional and healthy nutrition, and the buyer is ready to buy healthy food» [2].

In this paper, as an enriching additive in the recipe of bakery products, paize flour is proposed.

Paize (Japanese millet, Chinese millet, millet) – *Echinochloa frumentaceae* – belongs to the group of millet-like crops of the cereal family. Paize in chemical composition and nutritional value is close to the grain of chumiz and sugar sorghum, but much cheaper.

Korzun O.S. [et al.] (2011) claim that the grain of paiza is not inferior in composition and nutritional value to barley and oats (table 1) [korz].

Paize is recognized as an ecologically clean culture. Thanks to the research conducted in the conditions of the Polesie of Ukraine and in the Mogilev branch of the Institute of Radiology, it has been proved that it is advisable to replace corn with paize on soils contaminated with radionuclides, since it has a low level of accumulation of ¹³⁷ caesium [korz].

However, the use of unconventional raw materials affects the consumer properties of the product. One piece of bread contains more than 540 aromatic substances. The flavor is determined by their number and combination.

The purpose of the work: to study the influence of paize flour and the method of dough preparation on the formation of the aroma of bakery products.

Research methodology. Instrumental assessment of the smell of products was carried out in the NIL on a laboratory odor analyzer «MAG-8» with the methodology «electronic nose» (manufactured in Russia). The experience options are presented in table 2.

Sensors based on piezo-quartz resonators of the OAV type with a base oscillation frequency of 10.0–14.0 MHz with different sorbents on the electrodes were used [1; 2]. Coatings were selected in accordance with the test task (possible emission from samples of different classes of organic compounds).

Sensors are measuring sensitive elements in the electronic nose device, on which thin films of sorbents are applied. Thin films are selected so as to sorb (extract) certain groups of organic volatile compounds from the air in the near sensor

Table 1

Chemical composition of Paize grain (% per absolutely dry substance)

Crude	Protein	Fat	Fiber	BEV	Ash Sugar
14,21	4,25	10,87	80,04	1,88	0,82

space in the detection cell. As a result of the interaction, the oscillation frequency of the sensors changes, which is fixed in the software. The greater the change in the oscillation frequency, the more compounds were in the sample and, accordingly, in the sample. To ensure different selectivity and detection of the largest number of volatile compounds (drugs) emitting from samples, 8 different sensors with frontal spontaneous diffusion of volatile compounds from samples into the detection cell of the electronic nose «Aquastock» (produced by LLC «SNT», Russia) were used. All sensors are manufactured, trained and stabilized in pairs of drugs of different nature.

Sensor 1 – Polyethylene Glycol PEG-2000, PEG-2000

Sensor 2 – Dicyclohexane-18-Crown-6, DCG18K6

Sensor 3 – Methyl orange on a substrate of multilayer carbon nanotubes, MO/MUNT

Sensor 4 – Triton X-100, TH100

Sensor 5 – Bromocresol blue on a substrate of multilayer carbon nanotubes, BCS/MUNT

Sensor 6 – Carboxylated Multi-layer Carbon Nanotubes, MUNTsoon

Sensor 7 – Polyethylene Glycol succinate, PDEGS

Sensor 8 – Trioctyl phosphinoxide, TOFO. Twin-40, Tween

Table 2

Variants of experience

Bakery product	Variants	Baking wheat flour of the first grade	Pise flour	Flaxseed flour	Sunflower oil	Pumpkin seed oil	Dough preparation method
Bread	Control	100	–	–	–	–	Straight dough, yeast dough
	1	85	15	–	–	–	
	2	80	15	5	–	–	
Breadsticks	Control	100	–	–	+	–	
	1	85	15	–	–	+	
	2	80	20	–	–	+	
Breadskewers	Control	100	–	–	+	–	Unleavened dough
	1	85	15	–	–	+	
	2	80	20	–	–	+	

Sample preparation for analysis: samples weighing 10.0 g were placed in glass samplers, kept at room temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$). After the sensors are stabilized, a sampler is brought close to the open detection cell and the measurement is started. Volatile substances from the sample spontaneously diffuse into the near sensory space and are sorbed by sensor modifiers. After 60 seconds, the sampler is removed and desorption occurs. Background of sensor array from 300 to 500 Hz.s.

Measurement mode: The measurement time is 120 s, the mode of recording sensor responses is uniform in increments of 1 s, 60 s is the load of sensors in pairs, 60 s is spontaneous desorption of substances from sensors in an open detection cell. The optimal algorithm for presenting responses is based on the maximum responses of individual sensors. The measurement error is 5–10%.

The total analytical signal of the sensor array:

Quantitative characteristics:

1) $S\Sigma$, Hz.s – the total area of the «visual imprint» – estimates the overall intensity of the odor, proportional to the concentration of volatile substances – built on all signals of all sensors for the full measurement time;

2) S_{max} , Hz 2 – the area of the «visual imprint» of the maximum signals, built on the largest signals of all sensors during the load – estimates the greatest intensity of the smell, proportional to the discrete concentration of substances;

3) the maximum signals of sensors with the most active or specific films of sorbents F_i , Hz – to assess the content of individual classes of organic compounds in the RGF by the normalization method [3].

Qualitative characteristics:

4) For recognition in a mixture of individual classes of compounds, the $A_{i/j}$ identification parameter was used, calculated from sensor signals in the analyzed samples (table 4). A new approach in comparing the qualitative composition of the odor of samples

or their parts is to compare not individual $A_{i/j}$ parameters, but a set of the most stable and informative. The proximity of the composition of a part of the recorded volatile compounds of samples is estimated by the proportion of matching within the margin of error from the set of parameters [4; 5]. Samples are considered to have a close (identical flavor with a difference of no more than 30% of the parameters).

5) The form of the «visual imprint» of the maximum sensor signals – the degree of similarity (identity of the form) allows us to talk about the close nature of the composition of the smell. Presented and compared by similarity parameter.

The sensor responses are recorded, processed and compared in the software of the «MAG Soft» analyzer.

Results and their discussion. To establish differences in the composition and content of volatile compounds in the presented products compare primary information «electronic nose» – the magnitude of the responses of

Table 3

Sensor responses (Hz) and the area of the «visual imprint» of the maximum sensor signals above the samples

Variants	S1 – PEG-2000	S2 – DCG18K6	S3 – MO/MUNT	S4 – TH100	S5 – BCS/MUNT	S6 – MUNTsoon	S7 – PDEGS	S8 – Tween	S_{Σ} Hz.s
Bread									
1 Control	360	39	575	198	42	13	101	564	191916
2 Sample 2	560	55	930	278	82	–48	122	692	260872
3 Sample 1	399	40	652	212	68	–44	121	655	182334
Bread sticks									
1 control	143	17	239	70	24	16	40	210	31140
2 Sample 1 (oily a little)	281	27	433	132	39	20	74	409	70932
3 Sample 2	22	3	28	8	4	6	6	33	585
Bread skewers									
1 Control	25	4	33	13	5	9	7	40	803
2 Sample 1	–57	–8	–85	–28	–11	–18	–17	–73	23053
3 Sample 2	14	3	17	6	2	5	3	26	857

selected sensors in the array and the value of integrated quantitative signal of «electronic nose» – square «visual print» maximum responses (table 1).

The signals of all the selected sensors meaningful, so they are considered to evaluate the contribution of different classes of compounds in odor and its intensity.

According to the general parameter associated with the content and nature of volatile odor compounds (the area of «visual prints» of the maximum sensor signals for 60 seconds of load), the samples differ both among themselves and from the standard sample (1 Control) within each group of products.

Let's consider the peculiarities of changing the composition of the volatile odor fraction when changing the formulation relative to the control.

First of all, we will analyze the uniformity of the data of various sensors in the set of «electronic nose» in the frontal mode of vapor input (table 3). It was found that the selected sensors react differently to the drug samples. Specific reactions of sensors with negative values were also established – for products from the «Bread skewers» group, as well as for sensor 6 in the «Bread» group. Such changes can be explained by a sharp difference in the humidity of the samples,

Bread

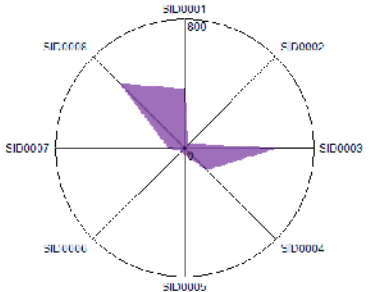
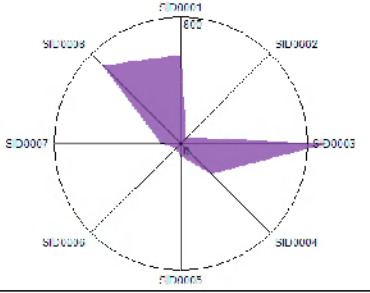
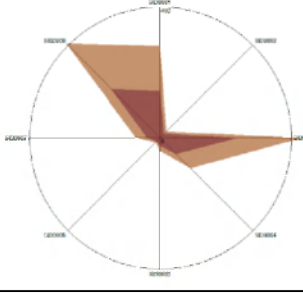
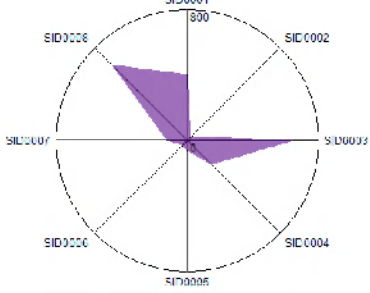
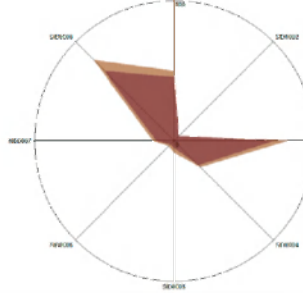
№	«Visual prints» of maximum signals	Comparison of «visual fingerprints» of signals for the standard and the analyzed sample (brown)
1		Standard (Control)
2		 Absolute area difference, Hz 2:56898 The relative difference between the areas of control and sample 2: 46.0% The differences are very significant.
3		 Absolute area difference, Hz 2:6839 The relative difference between the control and sample areas is 3:5.5% The differences are insignificant.

Fig. 1. «Visual prints» of the maximum sensor signals in the RGF above the samples.
 The axes are indicated: on the circular axis – the sensor number in the array.
 Vertically – the maximum sensor response during measurement (ΔF_{max} , Hz)

Bread sticks

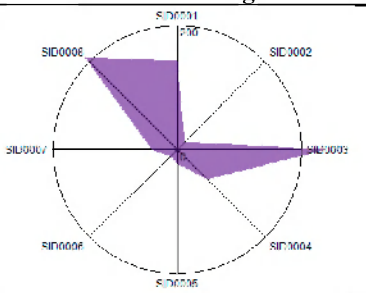
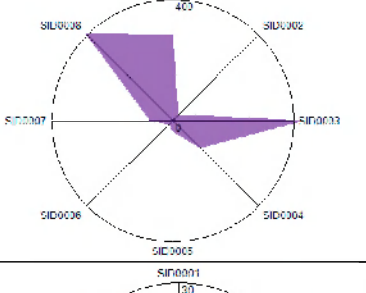
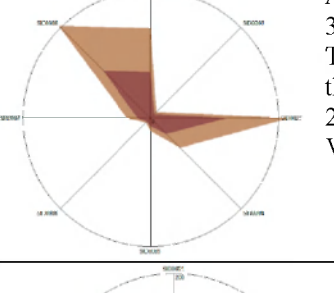
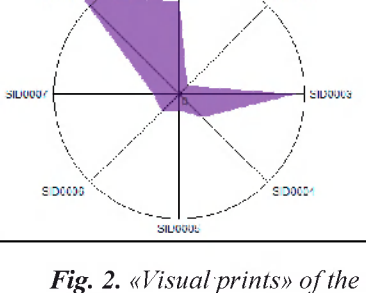
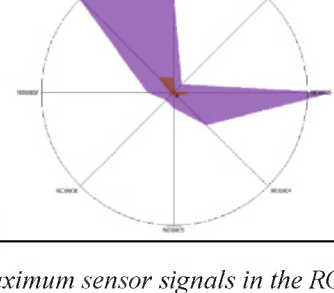
№	«Visual prints» of maximum signals	Comparison of «visual fingerprints» of signals for the standard and the analyzed sample (brown)
1		Standard (Control)
2		 Absolute area difference, Hz 2: 30872 The relative difference between the control and sample areas is 2: 199% Very significant differences.
3		 Absolute area difference, Hz 2: 12952 The relative difference between the control and sample areas is 3:83.5% The differences are significant.

Fig. 2. «Visual prints» of the maximum sensor signals in the RGF above the samples.
The axes are indicated: on the circular axis – the sensor number in the array.
Vertically – the maximum sensor response during measurement (ΔF_{max} , Hz)

when highly dried samples sorb hydrophilic compounds on their surface, reducing their concentration in the near-sensory space. It can also serve as analytical information for comparison. However, in order to reduce data interpretation errors, we consider it advisable to exclude from the data set when calculating qualitative and quantitative indicators the values of sensor responses 6. The results of comparing absolute analytical signals – figures of «visual prints» of the maximum sensor signals (fig. 2) – the exclusion of the readings of this sensor does not affect the results of comparing absolute analytical signals.

Group 1. BREAD: Sample 1 – Control; Sample 2; Sample 3.

Relative to the standard (Control) in Sample 1, the composition of volatile compounds diffusing from the crumb does not change significantly, within the margin of error. While flour, a change in the formulation for Sample 2 leads to a significant change in odor and an increase in the content of drugs in the finished product. We are talking here and further only about the connections that register the selected sensors of the «electronic nose».

Group 2. Bread sticks. Sample 1 – Control; Sample 2; Sample 3.

With respect to the standard (Control), the samples presented differ in oil content and humidity. This significantly affected the measurement results. Sample 2 is not

Bread Skewers

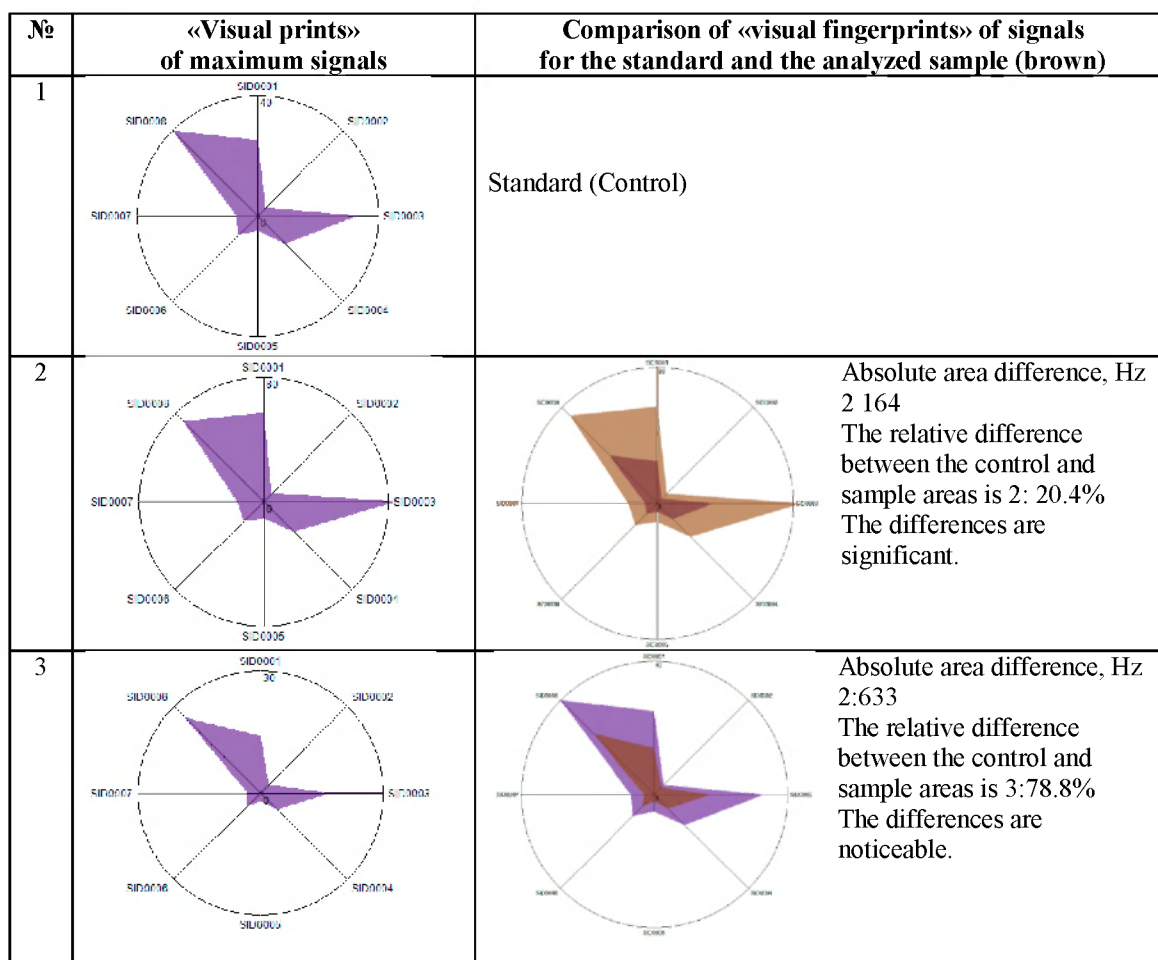


Fig. 3. «Visual prints» of the maximum sensor signals in the RGF above the samples.
 The axes are indicated: on the circular axis – the sensor number in the array.
 Vertically – the maximum sensor response during measurement (ΔF_{max} , Hz)

correctly compared within the group due to the significant difference from the Control and Sample 1. The group is not homogeneous.

Group 3. Bread skewers: Sample 1 – Control, Sample 2; Sample 3.

Sample 2 is closest to the sample of the standard (Control), sample 1 is not correctly compared with the standard due to a critically different moisture (or a violation of the uniformity of manufacturing technology).

To establish differences in the composition (qualitative and quantitative) of the volatile odor fraction, we will trace the change in the total content of volatile components in the samples (fig. 1–3)

Differences in the composition of volatile compounds of products in the group are not equivalent relative to the Standard.

For this group, the displacement of the aroma is maximum, can be attributed to different names of products during organoleptic evaluation.

According to the shape of the sensor signal prints, it was found that all samples with a change in the formulation have a different flavor in terms of qualitative composition, and in terms of its intensity, samples 2 and 3 have different amounts of volatile compounds compared to the Standard.

Table 4

Relative content of components in samples, ω % (± 1%) by weight

№ Samples	S1 – PEG-2000	S2 – DCG18K6	S3 – MO/ MUNT	S4 – TH100	S5 – BCS/ MUNT	S6 – MUNTsoon	S7 – PDEGS	S8 – Tween
	Alcohols, ketones	O-content. soedin.	Acids, alcohols	Mid-polar, S-containing	Amines	Alcohols, light gases	Amines	Acids
Bread								
Control	19,16	2,08	30,60	10,54	2,24	0,00	5,38	30,02
Sample 2 mod. 2	20,60*	2,02	34,20	10,22	3,02	0,00	4,49	25,45
Sample 3 mod. 1	18,58	1,86	30,37	9,87	3,17	0,00	5,64	30,51
Bread sticks								
Control	19,25	2,29	32,17	9,42	3,23	0,00	5,38	28,26
Sample 2	20,14	1,94	31,04	9,46	2,80	0,00	5,30	29,32
Sample 3	21,15	2,88	26,92	7,69	3,85	0,00	5,77	31,73
Bread skewers								
Control	19,69	3,15	25,98	10,24	3,94	0,00	5,51	31,50
Sample 2	20,43	2,87	30,47	10,04	3,94	0,00	6,09	26,16
Sample 3	19,72	4,23	23,94	8,45	2,82	0,00	4,23	36,62

* the parameters with the maximum deviation from the standard (control) are highlighted.

For this group, the flavor shift is more noticeable, and can be evaluated as markedly different from the control during organoleptic evaluation by experienced tasters.

We will conduct a detailed comparison of the quantitative and qualitative fractional composition of volatile compounds in the samples.

Let us trace the changes in the quantitative composition of the air above samples of all types by the relative content of the main classes of volatile compounds to which the sensor array is configured, estimated by the normalization method (table 4).

It was found that the change in the formulation leads to a slight redistribution of individual classes of compounds in the equilibrium gas phase over all samples within the groups, compared with the corresponding Standards. In the «Bread» group, Sample 1 has an identical quantitative composition of volatile compounds, Sample 2 contains fewer acids, more alcohols than the Standard.

In the Breadsticks group, Sample 1 has an identical quantitative composition of volatile compounds, Sample 2 contains fewer alcohols, S-containing, srednepolar substances, more ketones and acids than the Standard.

In the «Bread skewers» group, sample 1 emits more alcohols, but less acids than the standard. And Sample 2 has significant differences in the quantitative composition of the mixture of volatile compounds, compared with the Standard (table 2).

The Ai/j parameter allows us to trace changes in the qualitative composition of RGF over samples and the appearance/disappearance of compounds of the volatile fraction. It shows the constancy of the ratio of concentrations of individual classes of volatile compounds diffusing spontaneously from samples in 60 seconds (table 3) [3; 4]. If the Ai/j values for the samples are close or coincide, then it can be assumed that the ratio of the content

Table 5

Ratio of signals of several sensors in the matrix for the tested samples

Variants	Stability index of the composition $A_{i/j}$, ($\pm (0.5 - 0.02)$)										
	Parameters on the charts										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
	1/3	1/4	1/8	2/4	2/5	2/7	3/4	4/8	5/7	5/8	7/8
Bread											
Control	0,63	1,82	0,64	0,20	0,93	0,39	2,90	0,35	0,42	0,07	0,18
Sample 2	0,60	2,01	0,81*	0,20	0,67	0,45	3,35	0,40	0,67	0,12	0,18
Sample 3	0,61	1,88	0,61	0,19	0,59	0,33	3,08	0,32	0,56	0,10	0,18
Bread sticks											
Control	0,60	2,04	0,68	0,24	0,71	0,43	3,41	0,33	0,60	0,11	0,19
Sample 2	0,65	2,13	0,69	0,20	0,69	0,36	3,28	0,32	0,53	0,10	0,18
Sample 3	0,79	2,75	0,67	0,38	0,75	0,50	3,50	0,24	0,67	0,12	0,18
Bread skewers											
Control	0,76	1,92	0,63	0,31	0,80	0,57	2,54	0,33	0,71	0,13	0,18
Sample 2	0,67	2,04	0,78	0,29	0,73	0,47	3,04	0,38	0,65	0,15	0,23
Sample 3	0,82	2,33	0,54	0,50	1,50	1,00	2,83	0,23	0,67	0,08	0,12

* the parameters with the maximum deviation from the standard (control) are highlighted.

of these compounds in the samples is the same. If the ratio of signals differs for samples, then the ratio of the concentration of these groups of compounds is different, compared with the corresponding standard, and the smell of the samples differs significantly. The more the number of $A_{i/j}$ parameters for the samples differs, the more significant the differences in the smell of the samples, which are recorded with a high degree of probability during the organoleptic evaluation by the consumer and tasters [3]. Taking into account the reliability of the signals and all the calculated parameters, 11 of the 21 (without sensor readings 6) possible parameters are selected (table 5). This is a noticeable proportion of the indicators of the qualitative composition, changing in the experiment.

In the «Bread» group, Sample 1 has an identical qualitative composition of volatile compounds and differs from the Standard by no more than 10% (according to the set of compounds), Sample 2 – by 20%. In the

«Bread sticks» group, Sample 1 differs from the standard by 10%, Sample 2 – by 25%. In the «Bread skewers» group, Sample 1 differs in a set of compounds from the volatile fraction of the Standard by 25%. And Sample 2 – by 43%, which does not allow them to be assigned to the same flavor group (table 3).

About 50% of the parameters of the qualitative composition differ for samples within all groups. These are noticeable changes. Let's follow in detail how the composition changes relative to the Standards for different groups.

To assess the proximity of the qualitative composition of drugs in groups, consider the contour diagrams of their parameters (fig. 4–6). They combine the parameters from table 3 for individual groups. If their values coincide for the samples and the entire set, the composition of the drug mixture is identical. The displacement of individual parameters relative to each other in the diagram indicates a difference in the composition of drugs.

Bread

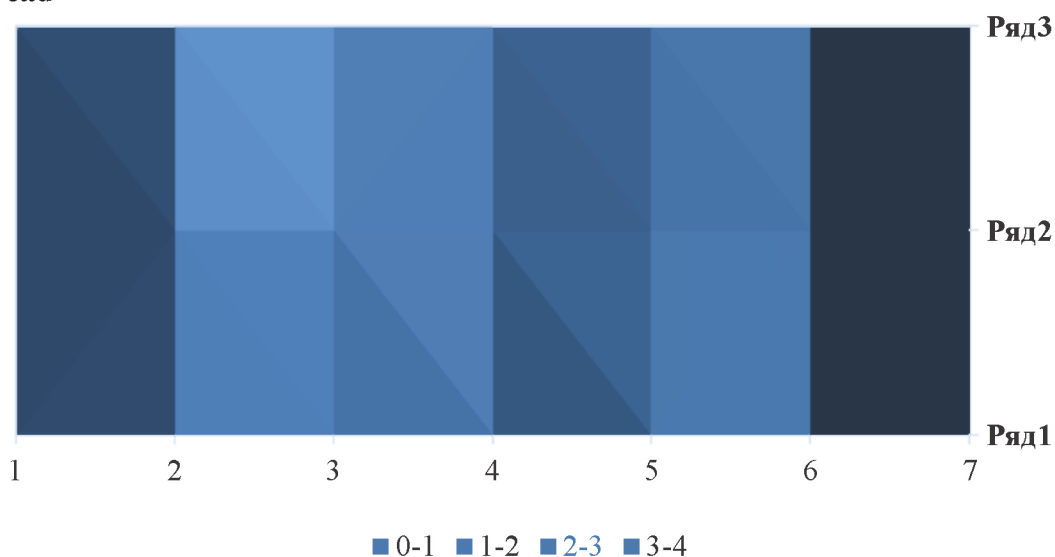


Fig. 4. Contour diagram of the qualitative parameters of the «electronic nose» for bread samples: Standard (row 1), Sample 2 (row 2), Sample 1 (row 3)

It was found that sample 3 (sample 1) is closer to the Control sample. For a set of qualitative parameters, we calculate the coefficients of difference of samples with additives relative to the standard:

	Sample 2	Sample 3
Parameter	0,109	0,0094

Bread stiks

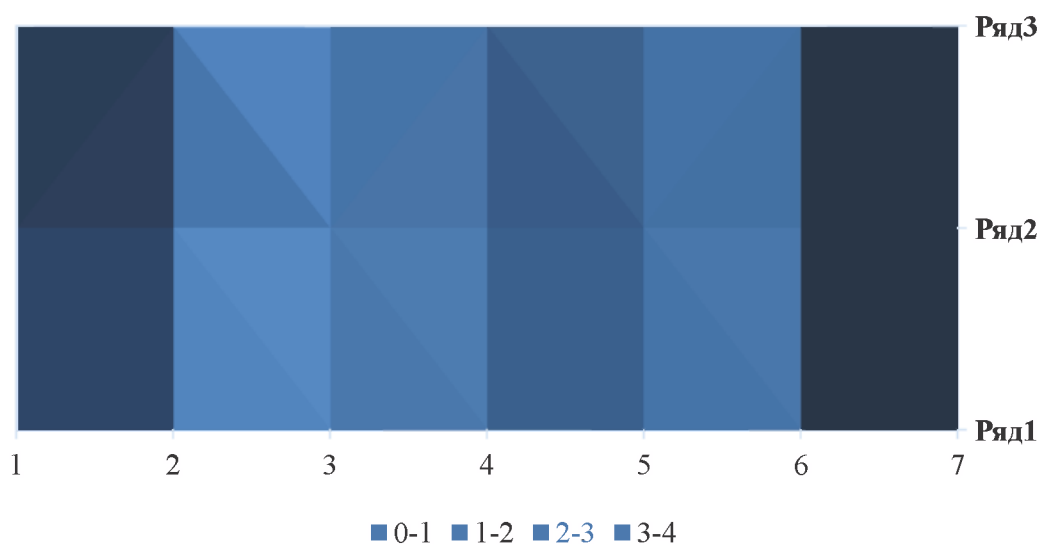


Fig. 5. Contour diagram of the quality parameters of the «electronic nose» for Gressini samples: Standard (row 1), Sample 1 (row 2), Sample 2 (row 3)

The smaller the number, the more samples are close in terms of a set of qualitative parameters, and therefore in terms of the composition of the drug. The differences

within the group are less significant than in the following two.

For a set of the most different qualitative parameters, we calculate the coefficients of difference of samples with additives relative to the standard:

	Sample 2	Sample 3
Parameter	0,022	0,130

Sample 2 is as close as possible in terms of the qualitative composition of

Bread skewers

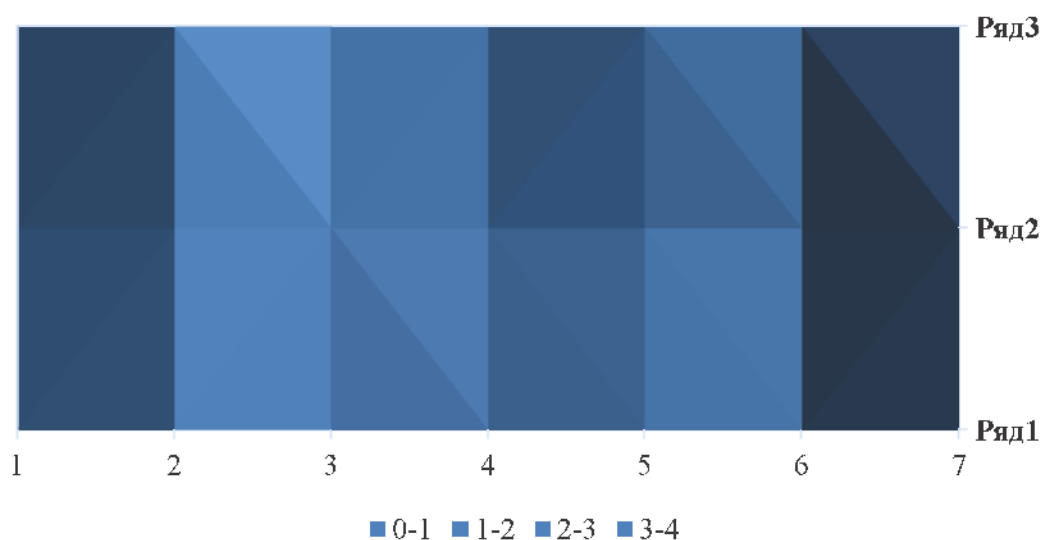


Fig. 6. Contour diagram of the qualitative parameters of the «electronic nose» for bread stick samples: Standard (row 1), Sample 1 (row 2), Sample 2 (row 3)

the volatile fraction to the Control sample. The differences in the group are significant.

For a set of the most different qualitative parameters, we calculate the coefficients of difference of samples with additives relative to the standard:

	Sample 2	Sample 3
Parameter	0,062	0,196

Sample 2 is close to the Control sample in terms of the qualitative composition of the volatile fraction. In this group, the samples differ more from each other in the qualitative composition of the drug mixture than in the others.

Taking into account the fact that 50% of the most strongly differing qualitative parameters were compared with each other, the following conclusions can be drawn that 1 or 2 samples with a significant change in the

composition of volatile crumb compounds are allocated in all groups.

When comparing the volatile compounds in the samples quantitatively, it should be noted that since the semi-finished bread undergoes longer fermentation than breadsticks, the content of alcohols and ketones is 22% higher, and compared with bread skewers, where there is no fermentation process, they are 93% more, a similar picture with acids. However, when comparing the content of individual components in samples, especially oxygen-containing compounds, they are almost twice as large in the absence of a biological method of loosening in bread skewers.

For consumer evaluation, such changes are not significant for those samples in the formulation of which the content of paize flour is no more than 15% and recognized by consumers according to organoleptic indicators.

REFERENCES:

1. Egorova E.Yu., Kuzmina S.S. Consumer properties of bakery products with the addition of flour from pumpkin seeds. *Polzunovsky Bulletin*. 2017; 3:32–36 (in Russ).
2. Kiseleva O.A. Taste and aroma of bread: how to define them correctly. *Products and Ingredients*. 2009; 3: 26–28 (in Russ).
3. Balykhin M.G. Welcome speech. *Functional foods: the scientific basis of the development, production and consumption: A collection of papers of the 3rd international scientific-practical conference (on October 30–31). Moscow; 2019: 3–4 (in Russ).*
4. Korzun O.S. Cultivation of millet crops in the Republic of Belarus: monograph. Grodno: GGAU; 2011 (in Russ).
5. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on balances, expectations and reality. *Pure and Applied Chemistry*, 2019; 89(10): 1587–1601 (in Russ).
6. Kuchmenko T.A.; Lvova L.B. A look at the latest achievements in the field of piezoelectric chemical sensors for environmental monitoring and food analysis. *Chemosensors*. 2019; 7(3): 39–45 (in Russ).
7. Kuchmenko T. [et al.] Portable electronic nose for analyzing the smell of nasal secretions in calves: Towards noninvasive diagnosis of infectious bronchopneumonia. *Veterinary medicine. The science*. 2021; 8: 74 (in Russ).
8. Kuchmenko T.A., Umarhanov R.U., Menzhulina D.A. Biohydroxyapatite is a new phase for selective micro-weighing of vapors of organic compounds – markers of inflammation in the nasal mucus of calves and humans Message 1. Sorption in model systems. *Sorption and Chromatographic Processes*. 2021;21(2): 142–152 (in Russ).
9. Kuchmenko T.A., Umarhanov R.U., Menzhulina D.A. Biohydroxyapatite is a new phase for selective micro-weighing of vapor markers of inflammation in the nasal mucus of calves and humans Message 2. Analysis of real objects. *Sorption and Chromatographic Processes*. 2021; 21(2): 216–224 (in Russ).

Информация об авторах / Information about the authors

Nadezhda N. Filonova, postgraduate student of 4 years of study of Saratov State Pedagogical University named after N.I. Vavilov

Ekaterina A. Marinina, 2-year postgraduate student of Saratov State Pedagogical University named after N.I. Vavilov
marinina_yekaterina@mail.ru

Madina K. Sadygova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology of Saratov State Pedagogical University named after N.I. Vavilov

Angela V. Kondrashova, Associate Professor in the specialty «Physical Chemistry» of Saratov State Pedagogical University named after N.I. Vavilov

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ECONOMIC SCIENCES

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-99-107>

УДК 631.1.002.5

© 2022

Поступила 24.03.2022

Received 24.03.2022



Принята в печать 11.05.2022

Accepted 11.05.2022

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

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Владимир И. Зарубин, Инна М. Савицкая*, Сергей В. Горбанев

*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация*

Аннотация. Одним из основных аспектов развития отечественного аграрного сектора, стабилизации и повышения эффективности функционирования производства является создание и использование новейших технологий, оптимизация использования ресурсов, реализация которых требует вложения существенных инвестиций в сельскохозяйственную отрасль. Однако многие эксперты подчеркивают недостаточную технологическую подготовку производства, что влечет за собой ухудшение качества работ и непредвиденные срывы производства. Поэтому возникает необходимость в использовании актуальных, научно обоснованных методов управления в аграрном производстве. Процессно-ориентированное управление предполагает неразрывность материальных потоков, так как выход каждого производственного процесса линейно зависит от потребляемых ресурсов. В этой связи, важнейшей особенностью процессного управления является его ориентация на результат. Цель публикации данных материалов состоит в определении и описании процессов производственно-хозяйственной деятельности с использованием эталонных или референтных моделей в управлении предприятиями АПК. Они являются основой для непосредственной адаптации к деятельности конкретного предприятия. Данные процессные эталоны содержат основные (ключевые) процессы, которые входят в технологическое процессное множество любого предприятия без идентификации его по отраслевому признаку. Методологическая основа исследования представлена системным и процессным подходами. Теоретико-методологической базой исследования являлись работы отечественных и зарубежных авторов в области управления сельскохозяйственными предприятиями, решения задач внедрения и использования эталонных моделей в управлении технологическими процессами. На основании проведенного исследования известных процессных моделей нами предложена референтная модель агропромышленного предприятия на примере отрасли растениеводства, которая отражает методический вариант систематизации и идентификации процессов для их дальнейшей детализации при внедрении процессного управления

на предприятии. Выделение сквозной цепочки основных процессов позволяет применять новые подходы планирования производства, организации учета и контроля, АХД, принимать оптимальные управленческие решения. Результаты исследования могут быть использованы руководителями и специалистами сельскохозяйственных предприятий при внедрении процессных моделей в управление на предприятиях АПК.

Ключевые слова: процессный подход, референтные модели, методики процессного управления, предприятия аграрной сферы, процессные эталоны, современные технологии управления

Для цитирования: Зарубин В.И., Савицкая И.М., Горбанев С.В. Теоретические основы процессного управления технологическими процессами на сельскохозяйственных предприятиях // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 2. С. 99-107. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-99-107>

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE PROCESS – BASED MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

Vladimir I. Zarubin, Inna M. Savitskaya*, Sergey V. Gorbanev

*FSBEI HE «Maikop State Technological University»;
191 Pervomayskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation*

Abstract. One of the main aspects of the development of the domestic agricultural sector, stabilization and increase in the efficiency of its production is the creation and use of the latest technologies, optimization of the use of resources, the implementation of which requires significant investments in the agricultural sector. However, many experts emphasize the insufficient technological preparation of production, which entails a deterioration in the quality of work and unforeseen disruptions in production. Therefore, there is a need to use relevant, evidence-based management methods in agricultural production. Process-based management assumes the continuity of material flows, since the output of each production process is linearly dependent on the resources consumed. In this regard, the most important feature of process –based management is its focus on the results. The purpose of the research is to define and describe the processes of production and economic activity using reference or reference models in the management of agribusiness enterprises. They are the basis for direct adaptation to the activities of a particular enterprise. These process standards contain the main (key) processes that are included in the technological process set of any enterprise without identifying it by industry. The methodological basis of the research is represented by system and process approaches. The theoretical and methodological basis of the research are the works of domestic and foreign authors in the field of agricultural enterprise management, solving the problems of introducing and using reference models in the management of technological processes. We have proposed a reference model of an agro-industrial enterprise using the example of the plant growing industry, which reflects a methodological option for systematizing and identifying processes for their further detailing when introducing process management at an enterprise. Isolation of the end-to-end chain of the main processes makes it possible to apply new approaches to production planning, organization of accounting and control, AHD, to make optimal management decisions. The results of the research can be used by managers and specialists of agricultural enterprises in the implementation of process models in management at agribusiness enterprises.

Keywords: process-based approach, reference models, process-based management techniques, agricultural enterprises, process-based standards, modern management technologies

For citation: Zarubin V.I., Savitskaya I.M., Gorbanev S.V. *Theoretical foundations of process-based management of technological processes in agricultural enterprises. New technologies. 2022; 18(2): 99-107. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-99-107>*

Процессный подход к управлению позволяет реализовать в сельском хозяйстве концепцию непрерывного совершенствования на основе внедрения принципов бережливого производства. При этом сельскохозяйственные организации начинают работать со значительно большей производительностью и увеличивающейся экономической отдачей, т.е. «гораздо в большей степени повышать свою результативность, эффективность и способность к изменениям». В основном это связывают с обеспечением эффективных функциональных взаимосвязей между отдельными технологическим процессами и их подсистемами. В данном случае появляется возможность адаптации внутренних ресурсов и способов работы сельскохозяйственного предприятия к трансформациям рыночной среды, отличающихся в современных условиях большой неопределенностью.

Выделение и описание процессов производственно-хозяйственной деятельности предполагает использование эталонных или референтных моделей. Они являются основой для их непосредственной адаптации к деятельности конкретного предприятия. Данные процессные эталоны содержат основные (ключевые) процессы, которые входят в технологическое процессное множество любого предприятия без идентификации его по отраслевому признаку. Известны эталонные модели, состоящие из тринадцати и восьми процессов. Международная бенчмаркетинговая палата и Американский Центр производительности и качества (American Productivity & Quality Center, APQC) [2] разработали тринадцатипроцессную модель в виде Структуры классификации процессов (Process Classification Framework). В проектах оптимизации процессов предприятия также используется восьмипроцессная

модель, созданная международной консалтинговой компанией ВКГ. Отраслевым аналогом эталонной модели является референтная модель (например, модель бизнес-процессов eТОМ) [7].

Структура процессной модели носит многоуровневый характер и формируется, начиная с верхнего уровня, на котором представлены устойчивые (повторяющиеся) процессы. Широко известно разделение процессных моделей в зависимости от содержания. Так, в практике процессного управления достаточно часто используется методологический подход Портера М., основывающийся на концепции добавленной стоимости [3]. В соответствии с данной концепцией главным принципом функционирования организации является организация взаимодействия между процессными элементами технологической цепи, в которой создается потребительская ценность (рис. 1).

Миссия организации реализуется через основные процессы, которые определяют функциональное множество вспомогательных видов деятельности. В свою очередь основные и вспомогательные процессы формируют организационную структуру. При протекании основных процессов происходит переработка основных ресурсов и формируется комплекс совокупных затрат и организационная прибыль. Эти процессы носят горизонтальный характер, пронизывают все организационно-технологическое и функциональное пространство и консолидируют все бизнес-воздействия [4].

Как известно, виды деятельности подразделяются на вспомогательные и основные. Вспомогательные виды не учувствуют в создании продукта и не создают конечной ценности. Вместе с тем они обеспечивают реализацию некоторых основных видов. Без



Рис. 1. Технологические процессы формирования добавленной ценности

Fig. 1. Technological processes of value added formation

вспомогательных невозможно производство конечной продукции. Портер М. акцентирует внимание на пяти видах основной деятельности: входящая логистика; операции; исходящая логистика; маркетинг и продажи; сервис [9]. В свою очередь, он предлагает рассмотреть и четыре группы вспомогательных видов: инфраструктура компании; управление человеческими ресурсами; развитие технологий и снабжение. Предложенное Портером разделение группы деятельности позволяет осуществить дальнейшую их детализацию. Так, в соответствии с подходом Портера к цепочке добавленной ценности предлагается классифицировать процессы на «первичные», «поддерживающие» и «развивающие» [1].

Внедрение процессного управления в аграрном производстве на первом этапе данного процесса требует создания системы производственно-хозяйственных

процессов на основе известных науке концептуальных подходов [5].

При этом предполагается, что модель процессов, построенная на основе цепочки создания ценности, является наиболее оптимальной модельной конструкцией. Нами предложена референтная модель агропромышленного предприятия на примере отрасли растениеводства (рис. 2).

В предлагаемой модели рассматриваются следующие виды процессов: группы основных процессов; группы поддерживающих процессов; группы процессов управления и группы основных процессов, связанных с возможными вариантами переработки продукции. Очевидно, что представленная модель не является универсальной и отражает только методический вариант систематизации и идентификации процессов для их дальнейшей детализации при внедрении процессного управления на предприятии.

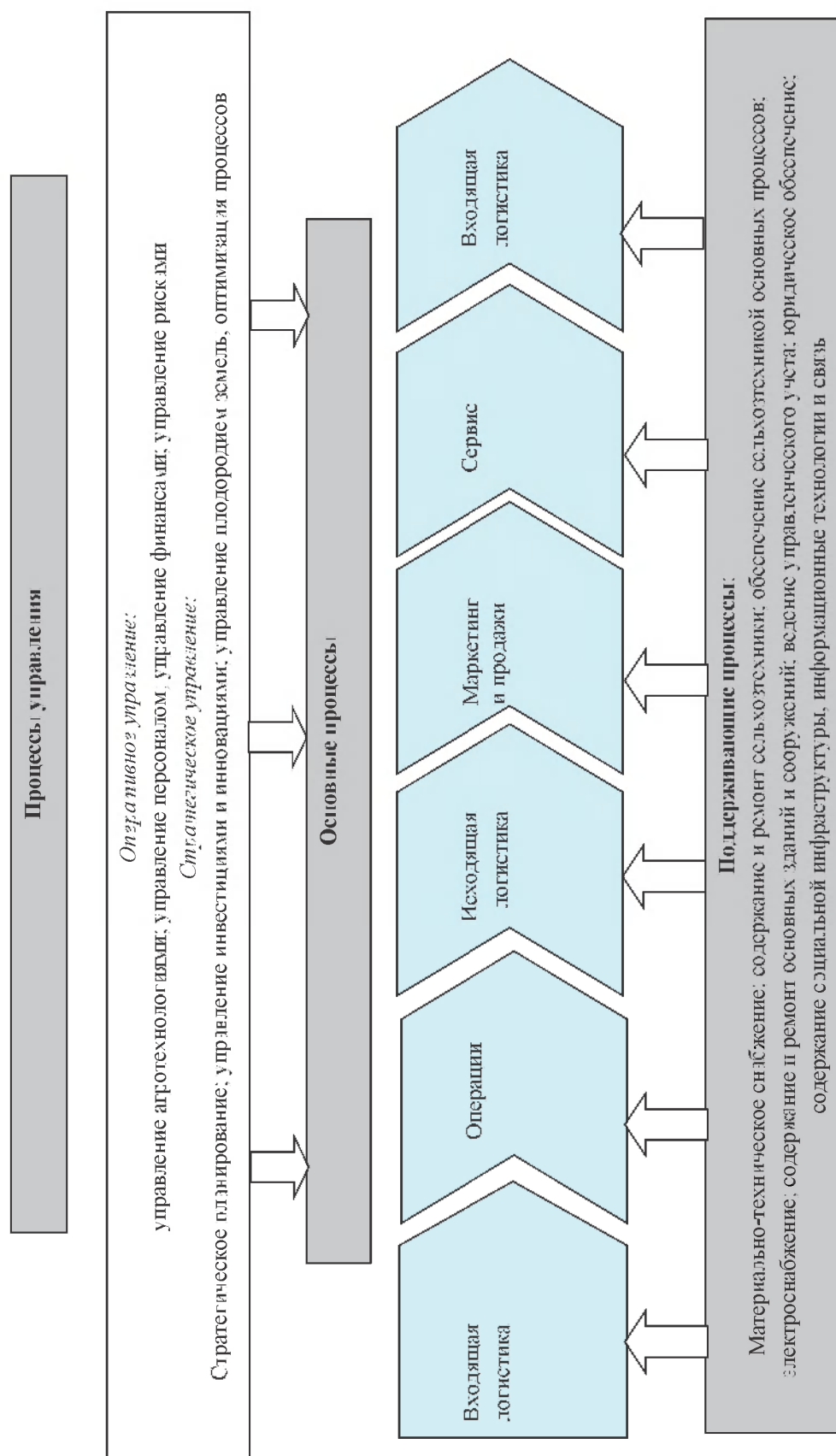


Рис. 2. Референтная модель процессов растениеводства на предприятии АПК

Fig. 2. Reference model of crop production processes at an agro-industrial complex enterprise

«На крупном сельскохозяйственном предприятии значительная часть продукции претерпевает целый ряд трансформаций, в процессе которых она меняет свои свойства, делится на новые виды продукции, становится сырьем, полуфабрикатом или конечной продукцией. Например, после сбора урожая зерно озимой пшеницы направляется на доработку, где проходит процессы первичной и вторичной очистки. На выходе образуется уже целый набор видов продукции, в том числе, продовольственное зерно I сорта, фуражное зерно, семенное зерно, зерно II сорта, зерновая примесь, используемые и неиспользуемые отходы. Далее продовольственное зерно в качестве сырья может быть направлено на производство пищевых продуктов (например муки), а мука, в свою очередь, в качестве сырья – на производство хлеба, отруби – на производство комбикорма. Таким образом, зерно озимой пшеницы от урожая проходит как минимум через один производственно-технологический передел (первичная и вторичная очистка), а максимум – через три и более. В результате формируется целый спектр материальных ресурсов, производство и потребление которых тесно взаимосвязано в натуральном и стоимостном выражении» [6].

В настоящее время в управлении сельскохозяйственными предприятиями основное внимание уделяется процессам закупки и потребления ГСМ, удобрений, средств защиты растений и т.д. Это связано с ограничением финансов закупочной деятельности в оперативном режиме. Между тем, не уделяется должного внимания ресурсам собственного производства. При этом создается ложное представление, что ее потери не связаны напрямую с дополнительным финансированием и количественно ничтожны. Однако установлено, что общая суммарная стоимость собственных ресурсов превышает стоимость покупных [10]. Логическая взаимосвязь основных процессов проявляется в том, что выходы

из одних процессов являются входами в другие. Таким образом обеспечивается технологическая последовательность общего процесса потребления и переработки материальных ресурсов. Последовательность технологических процессов предполагает наличие линейной зависимости между результатом или выходом и начальным входом, а также со всеми промежуточными входами-выходами с учетом специфики потребления, технологических и природных потерь, брака разного рода и отходов. В отличие от процессного в функциональном управлении такая связь считается малозначимой и несущественным фактором при принятии управленческих решений. Реализация основных управленческих функций, организованных с учетом принципов процессного управления позволяют повысить эффективность управленческих решений в рамках цепочки создания ценности на сельскохозяйственном предприятии. Практика формирования процессной модели агропредприятия говорит о том, что в ее основу должны быть положены основные виды производственно-хозяйственной деятельности. Дальнейшая детализация процессов должна реализовываться с учетом принципа достаточности (выделяется ограниченное множество процессов). В противном случае может быть потеряна гибкость и быстрота реакции предприятия на изменившиеся условия функционирования и параметры внешней среды. Процессный подход в управлении сельскохозяйственным предприятием предусматривает широкое использование сценарного планирования, которое применяется на стратегическом и оперативном уровнях [8].

На оперативном уровне управления формируются две подсистемы планирования.

Первая подсистема планирования решает задачи, связанные с корректировкой норм расхода основного сырья и материалов. К ним относят: ГСМ, средства защиты, семена и т.д. Данная корректировка

производится по изменениям параметров внешней среды выращивания сельскохозяйственных культур. Обновление нормативной базы производится по результатам периодической диагностики процесса возделывания сельскохозяйственных культур. При этом уточняется операционная трудоемкость, анализируются варианты использования сельхозтехники, нормы потери продукции при уборке и т.п. Эти уточнения позволяют более обоснованно оценить выход готовой продукции, себестоимость, разработать более эффективные управленческие решения.

Вторая подсистема предназначена для анализа альтернативных технологий доработки и хранения продукции в зависимости от параметров процессов поступления продукции, а также от величины потерь. При этом могут исследоваться различные варианты переработки продукции с учетом имеющихся возможностей переработки. Варианты финансирования производственной деятельности и предприятия в целом анализируются на стратегическом уровне планирования. На этом же уровне решаются задачи оптимизации использования услуг от сторонних организаций, проводится оценка эффективности капитальных вложений [4].

Сценарный подход, реализуемый совместно с процессным подходом, предполагает строгий учет всех несоответствий и отклонений от нормативов, выявленных в ходе реализации производственных процессов. Опыт осуществления сельскохозяйственной деятельности предоставляет возможность сформировать информационную базу (базу знаний), позволяющую непрерывно совершенствовать как управление технологиями производства и переработки продукции, так и управление сельскохозяйственным предприятием.

Анализ отечественной и зарубежной литературы по основам процессного управления позволил выделить основные закономерности:

– принцип системности, т.е. представление предприятия как сложной системы взаимосвязанных и взаимодействующих процессов, управление которыми предоставляет возможность согласованного достижения системных целей;

– принцип необходимости непрерывного совершенствования системы в стратегическом аспекте через позитивную динамику в развитии основных и вспомогательных процессов;

– принцип ориентации на потребителя, предполагающий осуществление всех процессов на предприятии в соответствии с требованиями внешнего и внутреннего потребителя;

– принцип ответственности, который означает непрременную идентификацию владельца, исполнителя, их полномочий и ответственности;

– принцип стандартизации, то есть приведение к одной модельной конструкции, присущей всем элементам производственных процессов: нормативной документации, методической основы совершенствования процессов.

Исследование особенностей процессно-ориентированного управления применительно непосредственно к сельскохозяйственным предприятиям позволило сформулировать специфические закономерности процессного управления агропредприятиями:

– принцип оперативной гибкости, предполагающий наряду со стандартизацией основных процессов управления возможность оперативного изменения параметров процессного управления;

– принцип минимизации рисков, основывающийся на широком использовании системного и сценарного моделирования развития ситуаций и предусматривающий организацию специальной подсистемы управления рисками сельскохозяйственного предприятия;

– принцип адаптации, позволяющий отойти от традиционных отраслевых моделей производственных процессов в связи с многообразием

организационно-хозяйственных форм и структур сельскохозяйственных предприятий;

– принцип инкрементальности, обусловливающий поэтапное внедрение процессно-ориентированного управления. Реализация данного принципа связана со слабой готовностью персонала организации к изменениям;

– принцип ориентации процессного управления на оптимизацию затрат. Это связано с ограниченными возможностями сельскохозяйственных предприятий в конкурентной борьбе в смысле совершенствования конечного продукта.

Таким образом, сбалансированное и гармоничное развитие агропромышленного предприятия основывается на использовании в практике процессно-ориентированного управления в условиях динамичного изменения характеристик внешней и внутренней среды предприятия и появления новых или модернизированных агротехнологий. Адаптация предприятия к названным изменениям вызывает необходимость детализации методических подходов к реализации процессного управления, а также используемых при этом инструментов и методов принятия управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / пер. с англ. С.В. Ариничева. М.: Стандарты и качество, 2003. 272 с.
2. Американский центр производительности и качества. American Productivity and Quality Center (APQC) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.apqc.org/>
3. Бачин А.В. Телеком – модель бизнес-процессов – eTOM – Oracle [Электронный ресурс] // Oracle Magazine / Русское издание. 2005. Режим доступа: http://citforum.ru/database/oracle/tema_telecom/
4. Ефимов В.В. Описание и улучшение бизнес-процессов: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 84 с.
5. Кондратьев В.В., Кузнецов М.Н. Показываем бизнес-процессы: от модели процессов компании до регламентов и процедур: методики и практика применения. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Эксмо, 2008. 476 с.
6. Кормаков Л.Ф., Мазлов В.З., Тускаев Т.Р. Стратегическое управление техническим потенциалом сельскохозяйственного производства. М.: Минсельхоз России, 2003. 329 с.
7. Риб С.И., Кремлева И.В. Различные подходы к описанию бизнес-процессов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://quality.eup.ru/DOCUM3/rpobp.htm>
8. Porter M.E. Competitive Strategy. Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Free Press; 2004.
9. Porter M.E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York: Free Press; 1985.
10. Ямпиллов С.С., Цыбенков Ж. Б. Технологии и технические средства для очистки зерна с использованием сил гравитации. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006. 167 с.

REFERENCES:

1. Andersen B. Business processes. Tools for improvement / trans. from English by S.V. Arinichev. M.: Standards and quality, 2003. 272 p.
2. American Center for Productivity and Quality. American Productivity and Quality Center (APQC) [Electronic resource]. Access mode: <https://www.apqc.org/>
3. Bachin A.V. Telecom – business process model – eTOM – Oracle [Electronic resource] // Oracle Magazine / Russian edition. 2005. Access mode: http://citforum.ru/database/oracle/tema_telecom/
4. Efimov V.V. Description and improvement of business processes: a tutorial. Ulyanovsk: UIGTU; 2005 (in Russ).

5. Kondratiev V.V., Kuznetsov M.N. We show business processes: from the company's process model to regulations and procedures: methods and practice of application. 2nd ed., rev. and add. M.: Eksmo; 2008 (in Russ).
6. Kormakov L.F., Mazloev V.Z., Tuskaev T.R. Strategic management of the technical potential of agricultural production. M: Ministry of Agriculture of Russia; 2003 (in Russ).
7. Rib S.I., Kremleva I.V. Different approaches to the description of business processes [Electronic resource]. Access mode: <http://quality.eup.ru/DOCUM3/rpobp.htm>
8. Porter M.E. Competitive Strategy. Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Free Press; 2004.
9. Porter M.E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York: Free Press; 1985.
10. Yampilov S.S., Tsybenov Zh. B. Technologies and technical means for grain cleaning using gravity forces. Ulan-Ude: VSGTU; 2006 (in Russ).

Информация об авторах / Information about the authors

Владимир Иванович Зарубин, профессор кафедры менеджмента и региональной экономики ФГБОУ ВО «МГТУ», доктор экономических наук, профессор
zarubin.vi18@yandex.ru

Инна Михайловна Савицкая, доцент кафедры менеджмента и региональной экономики ФГБОУ ВО «МГТУ», кандидат экономических наук, доцент
saviinna@yandex.ru

Сергей Викторович Горбанев, доцент кафедры менеджмента и региональной экономики ФГБОУ ВО «МГТУ», кандидат экономических наук
sergei_gorbanev@mail.ru

Vladimir I. Zarubin, professor of the Department of Management and Regional Economics of FSBEI HE «MSTU», Doctor of Economics, a professor
zarubin.vi18@yandex.ru

Inna M. Savitskaya, an associate professor of the Department of Management and Regional Economics of FSBEI HE «MSTU», Candidate of Economic Sciences, an associate professor
saviinna@yandex.ru

Sergey V. Gorbanev, an associate professor of the Department of Management and Regional Economics of FSBEI HE «MSTU», Candidate of Economic Sciences
sergei_gorbanev@mail.ru