

• •

639.371.52:[577.11:546.3]:[639.3.043:556.114]

03.00.04 –

:

, . , ,

\_\_\_\_\_ • •

...

.-

.

( )

03.00.04 « ».-

...

, ,2017.

( ,

), ,

, ,

,

,

1 2 ·10<sup>-3</sup>/

10 20 ·10<sup>-3</sup>/ ,

8 16 ·10<sup>-3</sup>/

100

200 ·10<sup>-3</sup>/ .

-

. ,

1 ·10<sup>-3</sup>/

, ,

10 ·10<sup>-3</sup>/

, .

2 20 ·10<sup>-3</sup>/ ,

, -

, .

,

,

,

,

,

10 /

, -40 /

.

1 10 · 10<sup>-3</sup>/

2 20 · 10<sup>-3</sup>/

-6

-7 -9

-3

-9

-3 -6

3

-6.

8 · 10<sup>-3</sup>/ 100 · 10<sup>-3</sup>/ ,

16 · 10<sup>-3</sup>/ 200 · 10<sup>-3</sup>/

8

100 · 10<sup>-3</sup>/

, - , -

-

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

, - , -

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

, , -

, , ,

, , 21

3,90%

1 10

· 10<sup>-3</sup>/ - 4,91%

2 20 · 10<sup>-3</sup>/ - 9,75%

, 45 , 1,65 ,

8 100 · 10<sup>-3</sup>/

- 1,94 ,

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

- 1,69 .

*Yanovych N.E.* Peroxidation processes and fatty acids composition of common carp tissues at different concentration of Copper and Zinc in the water and diet. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of agriculture sciences, specialty 03.00.04 – biochemistry. – Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, 2017.

The thesis presents results of investigation of activity of main antioxidant enzymes (superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase), concentration of Copper and Zinc, primary and secondary lipid peroxidation products, non-esterified

fatty acids, anionic fatty acids and fatty acids of total lipids in the gills, liver and skeletal muscles of carp under influence of Copper concentration in the aquarium water 1 and 2  $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{l}$  and Zinc concentration in the water 10 and 20  $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{l}$ , and after feeding diet with Copper content 8 and 16 mg/kg and Zinc content in the diet 100 and 200 mg/kg while keeping in fishponds.

The results of investigations shows, that accumulation of investigated elements in body of carps is organ and tissue depended. In particular, Copper at its concentration in the water of aquarium 1  $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{l}$  has accumulated in the liver and skeletal muscles of carp in a greater extent, then in the gills, and Zinc at its concentration in the water of aquarium 10  $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{l}$  has accumulated in the gills and skeletal muscles of carp in a greater degree, then in the liver. After increasing of Copper and Zinc concentration in the water of aquarium up to 2 and 20  $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{l}$  respectively, Copper has accumulated mainly in the gills of carps and, in lower extent, in the liver and skeletal muscles, while Zinc has accumulated more in the gills and the skeletal muscles, then in the liver. During experiment in the aquarium, the concentration of Copper and Zinc in the skeletal muscles of carp didn't exceed maximum permissible concentration of these elements in the fish meat, which is equal to 10 mg/kg of wet weight for Copper and to 40 mg/kg of wet weight for Zinc.

It was established, that at Copper and Zinc concentration in the water of aquarium 1 and 10  $\mu\text{g}/\text{l}$  respectively, concentration of lipid hydroperoxides and TBA-active products in the gills, and concentration of lipid hydroperoxides, conjugated dienes and TBA-active products in liver and skeletal muscles of carp is decreasing. At Copper and Zinc concentration in the water of aquarium 2 and 20  $\mu\text{g}/\text{l}$  respectively in gills, liver and skeletal muscles of carp concentration of lipid hydroperoxides is increasing, as well as concentration of TBA-active products in their skeletal muscles.

Increasing of Copper and Zinc concentration in the water of aquarium is followed by decreasing of content of non-esterified fatty acids in the gills, liver and skeletal muscles of carp due to saturated fatty acids with even and odd number of Carbon atoms in the chain, monounsaturated fatty acids of  $n-7$  and  $n-9$  family and polyunsaturated acids of  $n-3$  and  $n-6$  family, and increasing of content of anionic fatty acids. Under

such conditions in the gills, liver and skeletal muscles of carp concentration of fatty acids of total lipids is decreasing due to saturated fatty acids with even number of Carbon atoms in the chain, monounsaturated fatty acids of -9 family and polyunsaturated fatty acids of -3 and -6 family. Mentioned above changes are accompanied by decreasing of -3/ -6 ratio in polyunsaturated fatty acids. At the same time, the intensity of transformation of linoleic acid of total lipids to its more elongated and more unsaturated derivatives is decreasing.

During experiment, conducted in fishponds, it was revealed, that after feeding of mixed fodder to the carps with content of Copper and Zinc  $8 \text{ g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$  and  $100 \text{ g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$  respectively, Copper has accumulated in their gills more effectively, then in the liver and skeletal muscles, and Zinc has accumulated to the same extent in the gills, liver and the skeletal muscles. At feeding diet with content of Copper and Zinc  $16 \text{ g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$  and  $200 \text{ g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$  respectively, Copper has accumulated to the same extent in all tissues of carps while Zinc has accumulated mostly in the gills and the liver of carps, and less in the skeletal muscles. The concentration of Copper and Zinc in the skeletal muscles of carp didn't exceed maximum permissible concentration.

At concentration of Copper and Zinc in diet 8 and 100 mg/kg respectively, concentration of lipid hydroperoxides, conjugated dienes and TBA-active products in the gills, and concentration of lipid hydroperoxides and TBA-active products in the liver and skeletal muscles of carp is decreasing. At concentration of Copper and Zinc in diet 16 and 200 mg/kg respectively, concentration of lipid hydroperoxides and TBA-active products in the gills, and concentration of lipid hydroperoxides, conjugated dienes and TBA-active products in the liver and skeletal muscles of carp is increasing.

Increasing of Copper and Zinc concentration in diet up to 16 and 200 mg/kg respectively is followed by decreasing of concentration of non-esterified fatty acids due to saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, and increasing of concentration of anionic fatty acids. Under these conditions in the gills, liver and skeletal muscle of carp level of fatty acids of total lipids is increasing due to mono- and polyunsaturated fatty acids. At increasing of Copper and Zinc concentration in diet, in the non-esterified fatty acids and fatty acids of total lipids of gills, liver and skeletal

muscles of carp the intensity of desaturation of myristic, palmitic, stearic and arachidic acids to corresponding monounsaturated fatty acids is increasing, as well as efficiency of transformation of linoleic and linolenic acids to their more elongated and more unsaturated derivatives.

It is determined that after 21 days of keeping in aquarium with natural concentration of Copper and Zinc in the water, carps lose 3,90% of body weight, while at concentration of Copper and Zinc in the water 1 and 10 µg/l respectively they lose 4,91% of body weight, and at 2 and 20 µg/l respectively – 9,75% of body weight. After 45 days of feeding diet with natural content of Copper and Zinc carp gained body weight in 1,65 times, while at concentration of Copper and Zinc in diet 8 and 100 mg/kg respectively they gained body weight in 1,94 times, and at 16 and 200 mg/kg respectively – in 1,69 times.

In general, for the first time research of Copper and Zinc influence at their different concentration in the water and diet on fatty acids composition of tissues, intensity of lipid peroxidation processes and activity of antioxidant system and changes of body weight of carp were conducted. Presented results testify the existence of organ and tissue specificity of Copper and Zinc distribution in the body of carp, which depends on their concentration in the water and diet. At their simultaneous alimentary or through-gills intake in different concentrations by carp, these elements effects on activity of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes. It was approved, that Copper and Zinc causes dose-depending effect on concentration of fatty acids of total lipids, non-esterified fatty acids and anionic fatty acids in the gills, liver and skeletal muscles of carp. It was established, that changes of activity of antioxidant enzymes, lipid peroxidation products concentration and different forms of fatty acids content in tissues of carp under different concentration of Copper and Zinc in the water and diet were accompanied by changes of carp bodyweight.

*Key words:* common carp, concentrations of Copper and Zinc in the water and diet, antioxidant enzymes, lipid peroxidation products, fatty acids, body weight.



1. . . .  
// -  
. 2013. . 14, 1-2. . 63—66.
2. . . .  
// . 2013.  
1. . 50—57.
3. . . .  
// . . .  
. 2013. . 15, 3 (57), . 2. . 342—348.
4. . . .  
// . 2013.  
2. . 70—75.
5. . . .,  
// . . . 2014. . 16,  
2 (59), . 2. . 345—372. ( ,  
, ).
6. . . .,  
// . . .  
. 2014. . 16, 3 (60), . 2. . 264—273. ( ,  
,  
).
7. . . .,  
// . . .  
. 2016. . 18, 2 (67). . 225—229. ( ,  
,  
).
8. Yanovych N. E., Ravis Y. F. Activity of antioxidant system and growth intensity in common carp after feeding diet with different contents of copper and zinc  
// . 2016. . 8, 2. . 160—165. (

9. Ravis Y. F., Yanovych N. E. Peculiarities of non-etherified fatty acids content in carp gills at different concentration of copper and zinc in the water // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2017. Vol. 16 (1). P. 93—99. (English).

10. Ravis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2017. Vol. 16 (1). P. 23—30. (English).

11. Ravis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2015. Vol. 14 (1). P. 67—68. (English).

12. Ravis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2016. Vol. 15 (3). P. 307—310. (English).

13. Ravis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2016. Vol. 15 (3). P. 29-30. (English).

14. Ravis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2016. Vol. 15 (3). P. 208. (English).

.....	12
1. ....	17
1.1. ....	17
1.2. ....	20
1.3. ....	
.....	28
1.4. ....	32
2. ....	36
3. ....	42
3.1. , , ,	
	,
	..... 42
3.2. , , ,	
	,
	..... 63
4. ....	... 91
.....	112
.....	116
.....	117
.....	149

[45, 51, 62, 127].

[49, 61, 243, 289, 299, 304, 336].

[44, 61, 87, 90, 91, 222, 223, 299, 304].

[29, 74, 114, 126, 134, 222, 223, 349].

[39, 41, 60, 213, 176, 309, 321].

[319, 336].

[20, 113, 131, 220, 226, 267, 325].

[93, 176, 200, 252, 253].

[235, 257, 332],

[55, 68, 220, 267].

<sup>9-</sup> [82, 209, 226, 250, 257].







,  
 (4 - ), 9  
 - , 4 ), 1  
 , 3 .  
 ,  
 , ,  
 , .  
 151 , ( - 111 ),  
 29 , 1 , 18 , 2 .  
 353 , 177 .



1

1.1.

145]. [2, .

, , , .

[77, 83]. [84, 125].

, [125].

[53]. [116, 140].

, [37, 38, 116].

[53, 167].

[163, 167].

[116].

25–30° .

7-8° ,

7° [85, 145, 163].

.

[38, 135], , ,

[101].

[101].

( ( ) [19, 66]

( , - ) [52, 53, 101, 135].

[101].

[164,

165],

[101, 258, 287].

[135].

, - ,

, . . [101]. , ,

, [101].

,

, [38, 53, 101],

- [101, 166].

, -

[101, 166], -

[38].

, [222, 223].

,

[123]. ,

[66, 123]. , ,

,  
- [31, 66, 101].  
,  
- [38, 53, 101, 135].  
-  
[2, 84, 85, 145, 167],  
[89].  
[2, 85, 145, 167],  
[66, 84, 85],  
[167].  
,  
[85]. [85].  
( ),  
: - 56,0–90,7 %, - 3,0–14,9 %, - 0,8–7,8 %, -  
0,2–7,1 %, - 0,6–8,2 %, - 0,7–38,7 % [38, 88].  
0,64–6,04 / [19, 66].  
( , ,  
) [48],  
,  
.  
[19, 66, 88].  
- 30–50%  
,  
[53, 83, 167];  
,  
[53, 83].  
,  
[38, 53, 89, 101, 167].  
,  
,

[38, 52, 89, 101, 135, 164 – 167].

∴ , ,

, [52–54, 166].

, , , ,

, [38, 52, 53, 142].

, [53].

[145, 167],

, [145]

[83, 145].

, 0,5

, – 1,5, – 3,0 [2, 83].

· ,

[59, 130],

– ,

, [136].

[14, 15, 16, 59, 109].

[40, 106, 109, 130].

[106, 130].

## 1.2.

, ,

· ,

[72, 75,

212, 225, 326],

[16, 72, 75, 202,

239, 317].

[184, 305].

6 [11, 34, 72, 182, 261, 293].

( ) ( , ) [18, 34, 89, 150, 154, 156, 157].  
de novo  
[244, 245, 286, 290] –  
(10:0), (12:0), (14:0),  
(16:0), (18:0), (20:0), (22:0)  
(24:0). , de

novο

– (11:0), (13:0), (15:0),  
(17:0) (19:0) .

, ,

[193, 273].

, [247]. ,

de novo

-  $\Delta^9$ - [244, 245, 339] – ,  
[188].

-  $\Delta^9$ -

, [330].

, , -  $\Delta^9$ -

, , ,

(9–14:1 – -5), (9–16:1 – -7),

(9–18:1 – -9), (9–20:1 – -11), (9–

22:1 – -13) [40].

(9-13:1 -  
-4), (9-15:1 - -6), (9-17:1 - -8)  
[40]. , , ,

, -  $\Delta^9$ -  
[68, 105, 138].

( -9) , ( -7)  
( -5) [180, 201, 237, 329].

9 , , -7 -5,  
[14, 40]. ,  
-6 -3

[12, 139, 158, 204, 343, 351].

, 10-  
[204]

, [102,  
146, 307]. ,

(  
-6) ( -3) [17, 18, 95, 153, 160].

(9-16:1),

-7, 11-18:1 - 8, 11-18:2 -  
[40, 234, 245]. , (9-

18:1), -9, 6, 9-18:2 -  
, 8, 11-20:2 - 5, 8, 11-20:3 - [40, 234,  
245]. -6, , 6, 9,

12–18:3 – , 8, 11, 14–20:3 – ( ), 5,  
 8, 11, 14–20:4 – ( ), 7, 10, 13, 16–22:4 –  
 4, 7, 10, 13, 16–22:5 –

(9, 12–18:2) [254, 314, 323, 335].  
 (9, 12, 15–18:3),

-3, 6, 9, 12, 15–18:4 – , 8, 11, 14, 17–20:4 –  
 , 5, 8, 11, 14, 17–20:5 – , 7, 10,  
 13, 16, 19–22:5 – 4, 7, 10, 13, 16, 19–22:6 –  
 [195, 196, 254, 314, 323, 335].

[177, 259, 340].  
 $\Delta^6$ -,  $\Delta^5$ -,  $\Delta^4$ -  $\Delta^3$ - [40, 198,  
 285, 338].

[40].

[286].

[282, 303, 306, 324].

[327].

75, 95, 297],

[40,  
[40].

[58, 242, 313].

24].

[4, 6,  
[43, 298].

[28].

[4, 5].

[141, 272].

230].

[57, 152,

279, 316].

[211, 224, 255, 263,



[4, 6, 162].

, 10 %

[168, 294].

[7, 73, 251, 266],

( ) [251, 335].

,<sup>0</sup> :

– , 12:0 – 44,2,

– , 18:0 – 69,4,

– , 15:0 – 49,0,

n-7

– , 16:1 – 0,5,

n-9

– , 18:1 – 13,4,

n-6

– , 18:2 – 5,0

– , 20:4 – 49,5,

n-3

– , 18:3 – 11,0.

,

[265].

[40, 202].

[73].

[264].

[284].

( -3)

( -3)

[221, 348].

[283, 291].

-3

-6 , , -9 [284].

[189, 322].

5,8,11,14,17 -

[229].

[270].

-  $10^{-13} - 10^{-10}$  [312].

[312].

, ,

, ,

, [277, 278].

. - , ,

, ,

. ,  $\Delta^6 -$

, ,

[353]. - ,

, [220].

[334]. ,

[191]. , ,

, ,

5, 8, 11 - .

[100, 272]. ,

[231],

[272]. ,

, , [187, 320, 331].

. ,

[219]. ,

, ,

( -3 -6,

5,2), ,

, (

-3 -6, 0,3) [40].

50%

[156, 158].

[185],

[178, 217].

[197, 207, 210, 241, 345].

[315, 351].

[342].

-6 ,

-3

[233].

[1, 99, 148].

[56, 194].

**1.3.**

[1, 97, 148].

[1, 148].

[1, 24, 148, 240].

[337].

[1, 148].

[22, 269].

[1, 21, 148].

[137].

[36, 132].

[3, 132].

[36, 132].

[148].

[132].

[346].

[69].

[40],

, [67].

,

[132].

,

[295, 347].

,

,

[215, 227, 256, 262, 274, 318].

[98].

,

,

,

[42].

,

,

[99].

,

[1, 21, 42, 148].

,

,

,

,

,

,

,

,

[1, 148].

,

[94, 112, 206, 301].

,

[32, 97, 112, 276].

,

[99],

[73].

[99].

[99, 190].

– , [8, 30].

[238], [292], [8].

[190].

(  
)  
[110].

[65, 186].

[35, 78].

, [144].

[232]. 70%

– 20% [67].

[352].

[352].

[352].

[27]. ,

[94, 96]. , [280, 302].

, -

:

- [30].

**1.4.**

,

, , . [9, 10, 26, 31, 103, 159]. ,

-

, , [31,

236, 268]. [31]. ,

,

- [70, 92].

( ,

, ). ,

, - - .

,

,

,

,

,

[86, 192, 205, 248].

, ,

[31, 39, 128]. , , ,

,



[199].

[23, 46].

[228].

[101, 228].

[87].

[39].

( ) ( ) [39, 122, 249].

[124].

[104].

[111, 328, 341].

3 /

4,8-5,3 / , 40-80%

[87].

[31].

(85%)

, 3% -

12% -

[31].

[31].

[296].

22 72 % [129].

[236, 281].

[39].

[31, 86].

[214].

[333].

[203, 213].

[161].

[129, 344].

[31].

( )

[10].

[79, 86, 87, 248, 268, 275].

0,01-0,02 / [26].



(20 1

),

[143].

1-9 / . ,

3 / [103].

15-40 / .

294 /

[103].

(1980) [47],

96,5

117,3 / .

2

... .  
 .  
 .  
 , , .  
 ( )  
 320 .  
 21 40 .  
 ( 0,3 4,2 ·10<sup>-3</sup>/ ), -  
 1 10  
 ·10<sup>-3</sup>/ (I ) 2 20 ·10<sup>-3</sup>/ (I ).  
 .  
 .  
 ,  
 , . ( )  
 332 . 45  
 0,04 .  
 ( 111-3)  
 ( 4,5 48,6

$\cdot 10^{-3}/$  ),

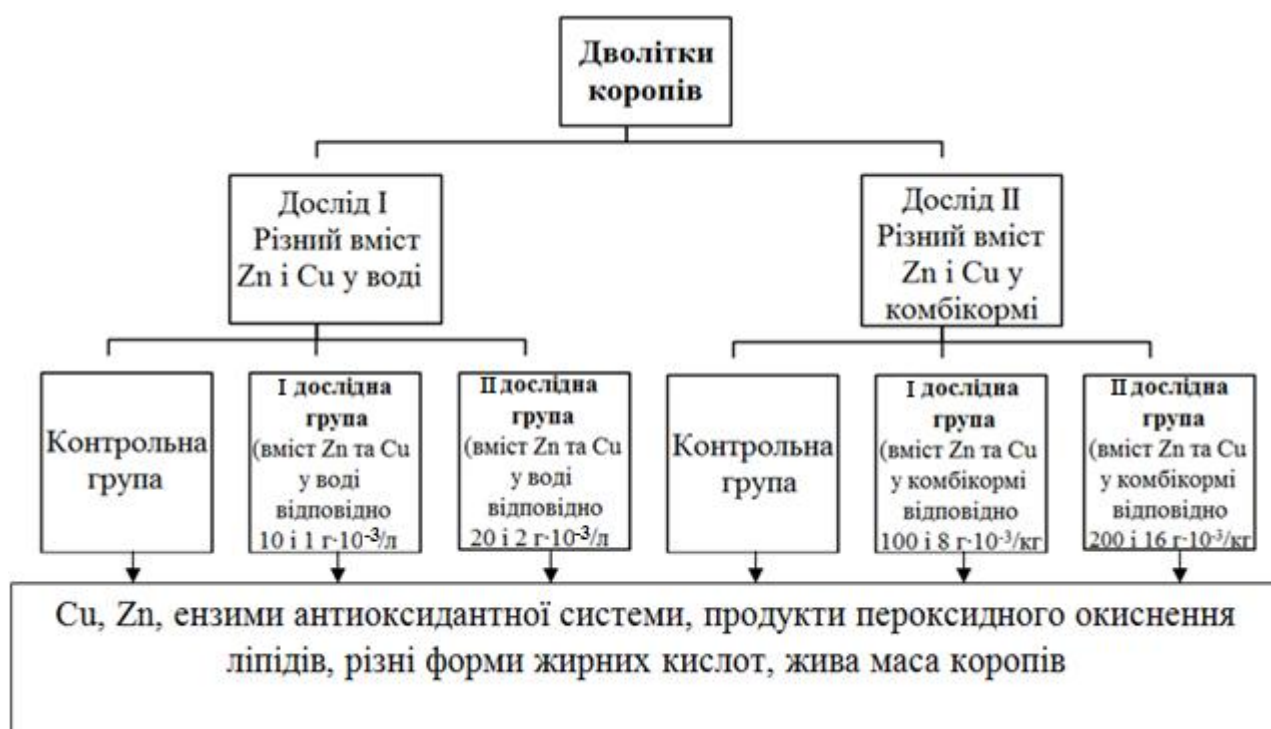
–

8 100  $\cdot 10^{-3}/$  (I

) 16 200  $\cdot 10^{-3}/$  (I ).

$8^{00}$

6 %



[80; 81].

[119].

1.11.1.6)

( 1.11.1.9),

( 1.15.1.1),

(

,

, . . . . [71].

, ,

NADH

.

,

.

SH- 5,5-

-2- ( )

- ,

SH- ,

,

.

480 .

1 ( 480/ ).

, , / ,

,

,

233 .

- , / ,

,

.

535 540 (

).

-

[115].

,

,

100 – 105<sup>0</sup> .

450 – 500<sup>0</sup>

10 10 % HCl.

30 ,

2:1.

[119].

(2:1 ) .

2

5-6

2

( )

), — — (2:1 (200:100:1)).

(2:1 ).

«Chrom-5» («Laboratorni pristroje», Praha).

3700 3 Chromaton-N-AW,

60 – 80 , HMDS ( ),

( )

10%. — , ( )

1,5  $10^5$  65 / .

(25 / ) (380 / ).

196<sup>0</sup> , — 245<sup>0</sup> . — -

(FID) [147].

— 1700±104 .

“ ” [119, 183], ,

— ,



[117, 118, 119]:

$$, / = [( \times \times ) / ] \times 1000 / ,$$

—  
 , / ;  
 —  
 —  
 ;  
 —  
 —  
 ( ) , ;  
 —  
 ( ) , <sup>2</sup>;  
 1000 —  
 —  
 ( ) ;  
 —  
 , .  
 ( )

1:1

( ), (±m)

( ).

< 0,05.

,

Origin 6.0, Excel

(Microsoft, USA).

## 3

## 3.1.

( . 3.1),

( <0,05),

( <0,05-0,001),

3.1

0,88±0,037	1,14±0,090	1,80±0,101***
6,25±0,066	7,32±0,362*	10,31±0,778**
0,61±0,043	0,83±0,035*	1,09±0,081**
247,47±6,253	270,53±4,765*	288,30±4,708**
196,07±5,023	212,27±3,469	214,50±3,156*
12,40±0,404	14,77±0,578*	17,70±0,520**

:

\* – <0,02-0,05; \*\* – <0,01; \*\*\* – <0,001

10 / 40 / .  
 ( . 3.2).  
 ( <0,05).  
 10 · 10<sup>-3</sup>/  
 3.2

(M±m, n=4)

· ./	2,32±0,055	2,57±0,055*	2,11±0,052*
, /100 /	12,80±0,462	14,37±0,291*	11,17±0,318*
, / /	4,55±0,102	4,90±0,052*	4,19±0,049*
· ./	2,42±0,043	2,59±0,041*	2,22±0,055*
, /100 /	20,74±0,613	22,46±0,321	19,18±0,220
, / /	4,74±0,064	5,02±0,095	4,45±0,064*
· ./	2,25±0,047	2,50±0,049*	2,03±0,049*
, /100 / .	14,03±0,211	15,89±0,742	13,00±0,248*
, / /	4,42±0,087	4,71±0,058	4,14±0,043*

3.2 ,

2 20 ·10<sup>-3</sup> / ,

, ,

( <0,05),

( <0,05).

,

.

( , ,

, - ) , .

, 3.3 ,

- ,

-

,

-

( <0,05–0,01).

,

,

( <0,05–0,01).

,

-

( <0,05).

,

( . 3.4, 3.5 3.6).

,

,

,

( . 3.4).

,

,

.

(201,6 197,1 ·10<sup>-3</sup>/ )

(1,0 0,9)

,

-7 (9,4 9,0) -9 (630,8

624,4)

-3 (307,6 299,1) -6

(315,3      304,5 ·10<sup>-3</sup>/      ).

-3

-6 (      . 3.4).

3.3

**(M±m, n=4)**

, 480/	6,23±0,115	5,59±0,191*	7,09±0,087**
/ ,	112,93±4,535	96,87±3,753	128,67±3,875
- , /	5,60±0,174	4,92±0,155*	6,07±0,081
, 480/	8,20±0,086	7,81±0,064*	8,52±0,061*
/ ,	117,43±2,558	104,80±2,501*	127,30±2,570
- , /	12,54±0,285	11,73±0,079*	13,23±0,069
, 480/	7,20±0,066	6,85±0,064*	7,57±0,109*
/ ,	117,07±2,541	107,93±2,083*	125,67±1,964
- , /	9,42±0,147	8,91±0,078*	9,93±0,100*

,

,

(      . 3.4).

,

,

.

(175,2

197,1  $\cdot 10^{-3}/$  ) (0,8 0,9)  
 , -7 (8,1 9,0) -  
 9 (572,4 624,4) -3 (267,5  
 299,1) -6 (263,1 304,5  $\cdot 10^{-3}/$  ).

3.4

$\cdot 10^{-3}/$  (M $\pm$ m,  
n=4)

, 10:0	0,3 $\pm$ 0,03	0,3 $\pm$ 0,03	0,2 $\pm$ 0,03
, 12:0	0,6 $\pm$ 0,06	0,6 $\pm$ 0,03	0,5 $\pm$ 0,06
, 14:0	4,8 $\pm$ 0,20	4,9 $\pm$ 0,29	4,1 $\pm$ 0,17*
, 15:0	0,9 $\pm$ 0,03	1,0 $\pm$ 0,03	0,8 $\pm$ 0,03
, 16:0	92,0 $\pm$ 2,42	94,6 $\pm$ 2,71	83,3 $\pm$ 1,65*
, 16:1	9,0 $\pm$ 0,20	9,4 $\pm$ 0,18	8,1 $\pm$ 0,17*
, 18:0	24,7 $\pm$ 1,33	25,9 $\pm$ 1,36	19,4 $\pm$ 0,90*
, 18:1	529,9 $\pm$ 13,26	535,4 $\pm$ 13,19	486,1 $\pm$ 11,18
, 18:2	143,5 $\pm$ 7,13	149,8 $\pm$ 7,31	122,0 $\pm$ 4,69
, 18:3	81,2 $\pm$ 1,96	83,8 $\pm$ 1,81	73,7 $\pm$ 1,41*
, 20:0	74,6 $\pm$ 1,74	75,2 $\pm$ 1,62	67,7 $\pm$ 1,56*
, 20:1	94,5 $\pm$ 2,28	95,4 $\pm$ 2,37	86,3 $\pm$ 1,90
, 20:2	58,5 $\pm$ 2,20	59,3 $\pm$ 2,20	52,2 $\pm$ 1,07
, 20:3	30,5 $\pm$ 1,21	31,5 $\pm$ 1,28	25,6 $\pm$ 1,27*
( ), 20:4	40,2 $\pm$ 1,62	41,2 $\pm$ 1,70	35,3 $\pm$ 1,04
, 20:5	58,5 $\pm$ 1,59	59,2 $\pm$ 1,70	51,7 $\pm$ 1,76*
, 22:2	10,4 $\pm$ 0,49	11,0 $\pm$ 0,61	8,9 $\pm$ 0,26
, 22:3	21,6 $\pm$ 0,52	22,2 $\pm$ 0,46	19,3 $\pm$ 0,52*
, 22:4	21,5 $\pm$ 0,67	22,4 $\pm$ 0,55	19,2 $\pm$ 0,49
, 22:5	46,2 $\pm$ 1,41	47,7 $\pm$ 1,50	40,3 $\pm$ 1,33*
, 22:6	91,6 $\pm$ 2,28	84,7 $\pm$ 10,03	82,5 $\pm$ 2,20*
	1435,0	1465,6	1287,1
. . .	197,9	202,5	176,0
	633,4	640,2	580,5
	603,6	622,9	530,6
-3/ -6	0,98	0,98	1,02

$$-3$$

$$-6 ( \quad \cdot 3.4).$$

$$(0,86 \quad 0,89 \quad ).$$

3.4

$$2 \quad 20 \cdot 10^{-3} / ,$$

(18

)

( \quad \cdot 3.5).

( 176,9 186,0 166,8  $\cdot 10^{-3}/$  )  
 (0,8 0,9 0,7) ,  
 -7 (8,2 8,6 7,8) -9 (589,0  
 612,5 565,1) -3 (269,5 290,7  
 251,1) -6 ( 284,4 304,1 260,0  $\cdot 10^{-3}/$  ) .

3.5

		$\cdot 10^{-3}/$	(M±m, n=4)
, 10:0	0,2±0,03	0,2±0,03	0,3±0,03*
, 12:0	0,4±0,03	0,5±0,03	0,5±0,03*
, 14:0	4,1±0,17	4,4±0,15	4,8±0,14*
, 15:0	0,7±0,03	0,8±0,03	0,9±0,03*
, 16:0	78,3±1,85	82,5±1,36	86,2±2,37
, 16:1	7,8±0,17	8,2±0,18	8,6±0,26
, 18:0	21,7±0,75	23,0±0,69	24,4±0,58*
, 18:1	484,9±10,60	504,5±12,21	523,4±9,56
, 18:2	125,7±7,13	139,4±5,58	146,8±5,07
, 18:3	64,4±2,20	68,9±2,28	72,1±1,56*
, 20:0	62,2±1,90	66,3±1,99	69,7±1,90*
, 20:1	72,4±2,11	76,3±2,37	80,4±2,11
, 20:2	46,2±1,68	50,0±1,79	52,6±1,33*
, 20:3	26,2±1,07	28,8±1,41	31,5±1,59*
( ), 20:4	34,4±1,33	37,4±1,05	41,6±1,85*
, 20:5	47,3±1,76	50,2±1,10	55,5±2,08*
, 22:2	8,7±0,17	9,1±0,17	10,0±0,26*
, 22:3	18,4±0,69	19,5±0,62	21,7±0,75*
, 22:4	18,5±0,67	19,6±0,69	21,5±0,77*
, 22:5	40,3±1,67	44,3±1,85	47,3±1,82*
, 22:6	80,6±3,15	86,6±2,68	94,1±3,44*
	1243,5	1320,5	1394,1
. .	167,5	177,7	186,8
	565,1	589,0	612,5
	510,8	553,8	594,8
-3/ -6	0,97	0,95	0,96





3.6

			(M±m, n=4)
, 12:0	0,02±0,000	0,02±0,003	0,02±0,000
, 14:0	0,04±0,003	0,03±0,003	0,03±0,003
, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,003
, 16:0	0,60±0,014	0,58±0,014	0,55±0,011*
, 16:1	0,05±0,003	0,05±0,003	0,04±0,003
, 18:0	0,15±0,007	0,13±0,007	0,11±0,003**
, 18:1	3,40±0,023	3,39±0,023	3,36±0,023
, 18:2	0,85±0,017	0,84±0,018	0,82±0,017
, 18:3	0,47±0,020	0,46±0,020	0,43±0,020
, 20:0	0,54±0,017	0,51±0,017	0,49±0,014
, 20:1	0,65±0,026	0,64±0,026	0,61±0,026
, 20:2	0,33±0,017	0,32±0,017	0,31±0,014
, 20:3	0,18±0,006	0,17±0,003	0,16±0,003*
( ), 20:4	0,23±0,011	0,22±0,011	0,20±0,009
, 20:5	0,37±0,023	0,36±0,020	0,33±0,017
, 22:2	0,06±0,003	0,05±0,003	0,04±0,003**
, 22:3	0,07±0,003	0,06±0,003	0,04±0,003**
, 22:4	0,14±0,006	0,13±0,006	0,12±0,006
, 22:5	0,28±0,011	0,27±0,009	0,25±0,007
, 22:6	0,57±0,023	0,56±0,023	0,52±0,023
	9,02	8,81	8,45
. .	1,36	1,28	1,21
	4,11	4,09	4,02
	3,55	3,44	3,22
-3/ -6	0,98	0,99	0,95

3.6 , , ,

·

( . 3.7, 3.8 3.9).

( . 3.7).

(234,8 222,0 ·10<sup>-3</sup>/ )

(1,8 1,7)

-7 (14,8 14,1) -9 (846,1

798,9) -3 (956,3 906,8) -6

(588,8 554,7 ·10<sup>-3</sup>/ ).

-3

-6 ( . 3.7).

(0,37 0,38) (0,16

0,16)

( . 3.7).

	, $\cdot 10^{-3}$ / (M $\pm$ m, n=4)		
, 10:0	1,1 $\pm$ 0,05	1,2 $\pm$ 0,05	0,9 $\pm$ 0,03*
, 12:0	1,6 $\pm$ 0,05	1,7 $\pm$ 0,05	1,3 $\pm$ 0,04*
, 14:0	9,0 $\pm$ 0,24	9,4 $\pm$ 0,19	8,1 $\pm$ 0,23
, 15:0	1,7 $\pm$ 0,03	1,8 $\pm$ 0,03	1,5 $\pm$ 0,06
, 16:0	127,5 $\pm$ 3,75	133,7 $\pm$ 3,34	111,4 $\pm$ 4,89
, 16:1	14,1 $\pm$ 0,44	14,8 $\pm$ 0,47	12,3 $\pm$ 0,42*
, 18:0	32,2 $\pm$ 0,92	33,9 $\pm$ 1,03	30,2 $\pm$ 0,76
, 18:1	731,3 $\pm$ 31,12	774,5 $\pm$ 19,98	637,6 $\pm$ 21,48
, 18:2	151,5 $\pm$ 9,79	159,2 $\pm$ 7,41	132,7 $\pm$ 4,55*
, 18:3	122,1 $\pm$ 5,40	132,2 $\pm$ 5,59	102,7 $\pm$ 4,22*
, 20:0	50,6 $\pm$ 2,07	54,9 $\pm$ 2,72	44,3 $\pm$ 1,08
, 20:1	67,6 $\pm$ 2,76	71,5 $\pm$ 3,03	56,6 $\pm$ 2,82
, 20:2	61,8 $\pm$ 2,99	66,7 $\pm$ 2,26	50,4 $\pm$ 2,13*
, 20:3	47,3 $\pm$ 1,27	50,2 $\pm$ 1,58	42,1 $\pm$ 0,98*
( ), 20:4	151,6 $\pm$ 5,23	159,1 $\pm$ 5,88	133,9 $\pm$ 3,91
, 20:5	192,1 $\pm$ 5,33	202,7 $\pm$ 5,48	173,1 $\pm$ 4,27*
, 22:2	24,2 $\pm$ 0,83	26,0 $\pm$ 0,81	21,3 $\pm$ 0,58*
, 22:3	38,2 $\pm$ 0,98	40,1 $\pm$ 0,78	34,9 $\pm$ 0,82
, 22:4	118,4 $\pm$ 4,49	127,6 $\pm$ 4,13	101,4 $\pm$ 3,61*
, 22:5	232,6 $\pm$ 7,46	245,7 $\pm$ 7,51	207,0 $\pm$ 5,34*
, 22:6	321,8 $\pm$ 7,72	335,7 $\pm$ 8,40	288,2 $\pm$ 7,52*
	2492,8	2642,5	2192,1
. . .	223,7	236,6	197,8
	807,5	860,9	706,5
	1461,6	1545,0	1287,8
-3/ -6	1,63	1,62	1,67

1,7) (196,2 222,0  $\cdot 10^{-3}$ / ) (1,5  
 ,  
 -7 (12,3 14,1) -9 (706,5 807,5,0)



	, $\cdot 10^{-3}$ / ( $M \pm m$ , $n=4$ )		
, 10:0	1,0 $\pm$ 0,03	1,0 $\pm$ 0,03	1,1 $\pm$ 0,03*
, 12:0	1,4 $\pm$ 0,05	1,5 $\pm$ 0,05	1,7 $\pm$ 0,03*
, 14:0	7,6 $\pm$ 0,34	8,0 $\pm$ 0,27	8,6 $\pm$ 0,20
, 15:0	1,4 $\pm$ 0,05	1,5 $\pm$ 0,05	1,6 $\pm$ 0,04*
, 16:0	111,6 $\pm$ 3,99	111,6 $\pm$ 4,10	123,1 $\pm$ 2,25
, 16:1	11,3 $\pm$ 0,39	12,0 $\pm$ 0,48	12,7 $\pm$ 0,23*
, 18:0	27,1 $\pm$ 0,81	28,8 $\pm$ 1,00	30,6 $\pm$ 0,78*
, 18:1	622,0 $\pm$ 21,52	662,0 $\pm$ 23,80	700,6 $\pm$ 17,29*
, 18:2	131,9 $\pm$ 3,74	138,8 $\pm$ 3,02	147,2 $\pm$ 4,01*
, 18:3	107,9 $\pm$ 4,11	115,4 $\pm$ 4,57	122,3 $\pm$ 2,89*
, 20:0	40,4 $\pm$ 0,95	42,0 $\pm$ 0,59	44,6 $\pm$ 0,73*
, 20:1	62,6 $\pm$ 2,67	66,6 $\pm$ 2,29	122,1 $\pm$ 2,15
, 20:2	55,2 $\pm$ 2,58	59,2 $\pm$ 2,43	65,1 $\pm$ 2,45*
, 20:3	42,1 $\pm$ 0,83	44,6 $\pm$ 0,97	46,3 $\pm$ 0,95*
( ), 20:4	130,0 $\pm$ 4,98	136,3 $\pm$ 4,23	147,1 $\pm$ 3,43*
, 20:5	159,6 $\pm$ 5,02	167,2 $\pm$ 4,57	178,0 $\pm$ 4,07*
, 22:2	21,1 $\pm$ 0,78	23,0 $\pm$ 0,72	23,8 $\pm$ 0,34*
, 22:3	33,8 $\pm$ 0,78	35,9 $\pm$ 0,75	36,8 $\pm$ 0,40*
, 22:4	103,5 $\pm$ 3,99	109,9 $\pm$ 3,17	115,9 $\pm$ 2,17
, 22:5	212,2 $\pm$ 4,65	218,9 $\pm$ 5,30	230,0 $\pm$ 3,26*
, 22:6	302,3 $\pm$ 8,10	313,6 $\pm$ 8,77	328,0 $\pm$ 4,20*
	2186,1	2303,9	2437,4
. .	190,4	200,6	211,4
	695,9	740,5	785,4
	1299,8	1362,8	1440,6
-3/ -6	1,69	1,66	1,64

( 199,1 209,8 189,0  $\cdot 10^{-3}$  )  
(1,5 1,7 1,4)



-3  
 -6 ( . 3.9).  
 ( 0,39  
 0,39 0,40) ( 0,16 0,17 0,17)

3.9

, / (M±m, n=4)

, 10:0	0,01±0,001	0,01±0,000	0,01±0,000
, 12:0	0,02±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
, 14:0	0,08±0,005	0,07±0,005	0,07±0,006
, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 16:0	1,20±0,052	1,18±0,055	1,17±0,052
, 16:1	0,10±0,005	0,09±0,006	0,09±0,006
, 18:0	0,40±0,020	0,39±0,017	0,37±0,016
, 18:1	6,31±0,169	6,23±0,156	6,15±0,182
, 18:2	1,34±0,030	1,29±0,030	1,25±0,030
, 18:3	1,15±0,033	1,09±0,045	1,05±0,046
, 20:0	0,55±0,020	0,58±0,016	0,48±0,014*
, 20:1	0,56±0,021	0,59±0,023	0,56±0,020
, 20:2	0,55±0,020	0,50±0,020	0,47±0,020
, 20:3	0,39±0,013	0,38±0,013	0,36±0,010
( ), 20:4	1,28±0,037	1,26±0,039	1,24±0,036
, 20:5	1,35±0,017	1,38±0,020	1,30±0,013
, 22:2	0,19±0,007	0,18±0,007	0,17±0,007
, 22:3	0,28±0,013	0,27±0,013	0,26±0,013
, 22:4	0,98±0,026	0,97±0,026	0,95±0,024
, 22:5	2,04±0,033	2,00±0,030	1,95±0,030
, 22:6	3,05±0,052	3,02±0,047	2,96±0,056
	21,82	21,40	20,86
. .	2,27	2,21	2,13
	6,99	6,88	6,76
	12,56	12,31	11,97
-3/ -6	1,67	1,68	1,69





( . 3.10).

3.10

	$\cdot 10^{-3}/$	(M±m, n=4)	
, 10:0	0,60±0,058	0,50±0,058	0,37±0,033*
, 12:0	1,00±0,058	0,90±0,058	0,77±0,033*
, 14:0	7,23±0,145	7,03±0,167	6,60±0,115*
, 15:0	1,20±0,058	1,10±0,058	0,97±0,033*
, 16:0	133,33±5,610	127,60±5,529	116,60±3,828
, 16:1	12,80±0,551	12,23±0,555	11,17±0,203*
, 18:0	38,60±1,274	36,77±0,953	35,17±0,491
, 18:1	766,60±14,404	755,43±13,632	722,40±6,724*
, 18:2	210,07±5,026	201,20±5,575	190,60±4,738*
, 18:3	113,13±6,241	106,87±6,005	92,87±4,076
, 20:0	80,97±3,212	75,53±3,530	69,37±2,109*
, 20:1	121,10±4,143	112,63±3,327	107,47±2,258
, 20:2	82,67±3,060	76,17±2,646	72,00±1,848*
, 20:3	42,67±1,790	39,40±1,501	36,30±1,308*
( ), 20:4	57,30±2,050	54,43±2,371	51,10±0,866*
, 20:5	82,30±1,849	79,30±1,652	76,17±0,899*
, 22:2	15,23±0,536	14,73±0,498	13,57±0,260
, 22:3	30,43±1,011	28,40±1,058	27,10±0,608*
, 22:4	28,50±0,964	26,67±1,105	24,70±0,808*
, 22:5	67,47±1,559	64,97±1,676	62,97±0,664
, 22:6	128,13±4,852	120,37±5,362	114,67 ±1,559
	2021,33	1942,23	1832,94
. . .	262,93	249,43	229,85
	900,50	880,29	841,04
	857,90	812,51	762,05
-3/ -6	0,97	0,97	0,96



( 238,94 256,56 227,34  $\cdot 10^{-3}$  /  
 ) (1,03 1,13 0,90) ,  
 -7 (10,00 10,93 9,63) -9  
 (818,84 837,74 780,00) -3  
 (356,93 374,19 342,51) -6 ( 364,53 385,56 343,93  $\cdot 10^{-3}$  /  
 ) .

## 3.11

	$\cdot 10^{-3}$ /	(M±m, n=4)	'
, 10:0	0,37±0,033	0,47±0,033	0,53±0,033*
, 12:0	1,60±0,058	1,73±0,033	1,83±0,033*
, 14:0	6,70±0,173	7,00±0,173	7,30±0,115*
, 15:0	0,90±0,058	1,03±0,033	1,13±0,033*
, 16:0	118,07±4,795	123,37±4,917	134,50±3,350*
, 16:1	9,63±0,203	10,00±0,173	10,93±0,290*
, 18:0	30,00±1,514	32,17±1,241	34,20±0,693
, 18:1	683,93±14,348	719,07±13,223	734,07±9,738*
, 18:2	166,40±5,160	177,57±2,554	185,10±4,623
, 18:3	84,17±2,233	88,43±1,763	92,53±1,964*
, 20:0	70,60±1,677	74,20±2,369	78,20±1,217*
, 20:1	96,07±1,964	99,77±2,126	103,67±1,387*
, 20:2	70,40±2,078	74,03±2,562	79,03±1,532*
, 20:3	32,30±1,559	34,47±1,622	38,37±0,780*
( ), 20:4	42,13±1,241	44,30±0,981	46,43±0,376*
, 20:5	70,40±1,825	74,00±2,254	77,50±1,416*
, 22:2	12,43±0,491	13,13±0,467	14,33±0,290*
, 22:3	22,50±0,781	23,20±0,757	24,70±0,378
, 22:4	20,27±0,521	21,03±0,448	22,30±0,264*
, 22:5	56,47±1,417	58,90±0,929	61,03±0,498*
, 22:6	108,97±2,87	112,40±2,778	118,43±1,431*
	1704,31	1790,27	1866,11
. .	228,24	239,97	257,69
	789,63	828,84	848,67
	686,44	760,46	759,75
-3/ -6	1,00	0,98	0,97



( 0,36 0,36 0,36), -  
( 0,96 0,99 0,95).

3.12

	/ (M±m, n=4)		
, 10:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 12:0	0,02±0,000	0,02±0,000	0,02±0,000
, 14:0	0,037±0,003	0,037±0,003	0,033±0,003
, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 16:0	0,82±0,026	0,80±0,026	0,78±0,023
, 16:1	0,06±0,003	0,05±0,003	0,04±0,003**
, 18:0	0,22±0,011	0,21±0,011	0,20±0,011
, 18:1	5,01±0,133	4,95±0,141	4,67±0,181
, 18:2	1,21±0,058	1,18±0,052	1,1±0,046
, 18:3	0,66±0,020	0,64±0,020	0,60±0,023
, 20:0	0,76±0,020	0,72±0,023	0,68±0,021
, 20:1	0,90±0,035	0,88±0,038	0,84±0,037
, 20:2	0,46±0,020	0,45±0,014	0,42±0,014
, 20:3	0,24±0,011	0,23±0,011	0,21±0,006
( ), 20:4	0,31±0,017	0,30±0,018	0,27±0,018
, 20:5	0,52±0,026	0,51±0,026	0,48±0,026
, 22:2	0,08±0,006	0,07±0,006	0,06±0,006
, 22:3	0,10±0,006	0,09±0,006	0,08±0,006
, 22:4	0,18±0,011	0,17±0,011	0,15±0,012
, 22:5	0,39±0,017	0,37±0,015	0,34±0,015
, 22:6	0,82±0,029	0,80±0,026	0,77±0,026
	12,83	12,51	11,77
. .	1,88	1,81	1,73
	5,98	5,89	5,56
	4,97	4,81	4,48
-3/ -6	1,00	1,01	1,03

,  
 ,  
 ( . 3.13). ,  
 3,90% ,  
 - 4,91 9,75%. ,  
 ,

3.13

, (M±m, n=4)

320,3±5,72	320,0±6,18	320,0±5,67
(21 )		
307,8±5,57	304,3±5,87	288,8±4,97*

[117, 168, 170, 172, 174, 301].

3.2.

, , ,  
 ,

, ( , , ,  
 , )  
 ( . 3.14). ,

22-25 . ( )

81,3±2,65–

120,4±3,04 . / <sup>2</sup> ( 10 ), –0,42±0,032–0,61±0,080 / <sup>2</sup> ( 10 ).

3.14

( ) c

	-	-	-	
H	7,5	7,5	7,6	6,5–8,5
	14,4	14,7	11,6	15,0
, 2/	3,45	3,39	3,42	3,0–6,0
( ), ·10 <sup>-3</sup> /	222,8	207,2	217,8	200–400
(NO <sub>2</sub> ), N/	0,003	0,005	0,007	0,1
(NH <sub>4</sub> ), N/	0,85	0,89	0,91	1,0
(NO <sub>3</sub> ), N/	1,26	1,33	1,19	2,0
(PO <sub>4</sub> ), P/	0,13	0,15	0,16	0,5
(Fe) ·10 <sup>-3</sup> /	0,30	0,35	0,33	1,0
( ), ·10 <sup>-3</sup> /	72,5	76,5	76,1	40–180
(Mg), ·10 <sup>-3</sup> /	12,5	11,7	12,6	30,0
(Cl), ·10 <sup>-3</sup> /	27,2	26,9	26,9	25–40
(SO <sub>4</sub> ), ·10 <sup>-3</sup> /	89,7	93,3	89,6	50–70
(Na K), ·10 <sup>-3</sup> /	35,6	34,8	34,1	120,0
, ·10 <sup>-3</sup> /	450,4	448,4	457,1	300–1000
, ·10 <sup>-3</sup> /	6,78	6,57	6,69	5,0
(Cu), ·10 <sup>-3</sup> /	0,3	0,3	0,3	1
(Zn), ·10 <sup>-3</sup> /	4,2	4,2	4,2	10

-9, ( . 3.15).

3

1,5 ( . 3.15).

11

( . 3.15).



,  
1,5 ,  
( . 3.16). , , ,  
11  
, - -6 ( . 3.16).  
3.15

	, / ( $\pm m, n=3$ )	
, 12:0	0,10±0,005	0,01±0,003
, 14:0	0,14±0,003	0,07±0,003
, 15:0	0,07±0,005	0,02±0,003
, 16:0	1,41±0,017	2,91±0,055
, 16:1	0,06±0,005	0,35±0,014
, 18:0	1,20±0,040	0,94±0,017
, 18:1	4,81±0,083	7,11±0,069
, 18:2	1,01±0,053	18,10±0,394
, 18:3	0,09±0,057	1,23±2,081
, 20:1	0,06±0,003	–
, 20:2	0,09±0,005	–
, 20:3	0,12±0,005	–
, 20:4	0,29±0,008	0,01±0,003
, 20:5	0,04±0,003	–
, 22:2	0,01±0,003	–
, 22:3	0,02±0,003	–
, 22:4	0,04±0,003	–
, 22:5	0,07±0,003	–
, 22:6	0,11±0,005	–
	9,74	30,75
. .	2,92	3,95
	4,93	7,46
	1,89	19,34
-3/ -6	0,24	0,06

( . 3.17), ,  
( <0,01),  
( <0,05), - ,  
( <0,05).

	, <sup>-3/</sup> ( ±m, n=3)	
, 12:0	4,6±0,08	0,3±0,03
, 14:0	6,4±0,12	3,16±0,08
, 15:0	3,36±0,08	1,1±0,05
, 16:0	57,8±0,57	111,6±1,71
, 16:1	3,3±0,11	13,4±0,34
, 18:0	54,2±0,81	34,9±0,82
, 18:1	214,2±2,33	255,8±4,19
, 18:2	37,9±0,55	790,1±3,18
, 18:3	3,5±0,05	46,8±1,05
, 20:1	2,9±0,09	–
, 20:2	3,2±0,08	–
, 20:3	5,2±0,09	–
, 20:4	10,7±0,55	0,73±0,03
, 20:5	2,1±0,05	–
, 22:2	0,5±0,03	–
, 22:3	0,8±0,03	–
, 22:4	1,5±0,11	–
, 22:5	3,1±0,12	–
, 22:6	4,1±0,12	–
	419,36	1257,89
. .	126,36	151,06
	220,4	269,2
	72,6	837,63
-3/ -6	0,262	0,055

( <0,05), – ( <0,01)  
– ( <0,05).

( . 3.18).

8 100 ·10<sup>-3/</sup>

( <0,05–0,01).

3.17

, $\cdot 10^{-3}/$ (M $\pm$ m, n=4)		
0,99 $\pm$ 0,15	1,42 $\pm$ 0,09**	1,54 $\pm$ 0,10*
6,55 $\pm$ 0,07	6,84 $\pm$ 0,04*	6,91 $\pm$ 0,04*
0,67 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,04*	0,90 $\pm$ 0,04*
233,97 $\pm$ 6,01	271,10 $\pm$ 5,52*	279,73 $\pm$ 5,49**
185,57 $\pm$ 4,54	211,97 $\pm$ 5,17*	220,97 $\pm$ 4,16**
13,50 $\pm$ 0,55	15,80 $\pm$ 0,52*	16,23 $\pm$ 0,50*

3.18 ,

16 200  $\cdot 10^{-3}/$  ,

( <0,05).

( , - )  
 , , , 3.19  
 , 8 100  
 $\cdot 10^{-3}/$  ,

( <0,05–0,01). 3.19

200 · 10<sup>-3</sup>/

( &lt;0,05).

3.18

(M±m, n=4)

· ./	2,59±0,073	2,88±0,049*	2,32±0,055*
/100 /	13,63±0,639	15,77±0,491	11,50±0,404*
, / /	4,72±0,061	4,49±0,044*	5,06±0,087*
· ./	2,64±0,072	2,92±0,047*	2,34±0,050*
/100 /	19,35±0,438	21,99±0,308**	18,01±0,172*
, / /	4,95±0,072	4,66±0,075*	5,25±0,082*
· ./	2,15±0,075	2,43±0,043*	1,89±0,046*
/100 /	13,25±0,093	13,64±0,078*	12,88±0,069*
, / /	4,52±0,052	4,32±0,038*	4,75±0,055*

( . 3.20, 3.21 3.22).

8 100 · 10<sup>-3</sup>/

( . 3.21)

3.19

**(M±m, n=4)**

, 480/	6,41±0,064	5,86±0,098**	6,78±0,066*
, /	118,07±1,964	109,17±1,992*	124,63±1,386
- , /	5,87±0,058	5,37±0,085**	6,19±0,084*
, 480/	8,39±0,098	7,80±0,090*	8,75±0,081*
, /	116,60±1,587	110,90±1,415	124,50±1,790*
- , /	13,05±0,098	12,00±0,219*	14,99±0,575*
, 480/	7,56±0,081	6,89±0,098**	7,95±0,072*
, /	110,70±1,380	106,63±1,386	116,83±1,241*
- , /	9,71±0,098	9,32±0,084*	10,13±0,064*

-9 (701,04 684,44) -7 (10,17 9,87 ·10<sup>-3</sup>/ ) -3 (407,80  
383,20) -6 (453,87 425,93 ·10<sup>-3</sup>/ ).

-3 -6 ( . 3.20).

(0,60 0,61) (0,33 0,34)

3-, 4-, 5-

6-

3.20

,  $\cdot 10^{-3}/$ 

(M±m, n=4)

, 10:0	0,33±0,033	0,27±0,033	0,17±0,033*
, 12:0	0,70±0,057	0,60±0,057	0,47±0,033*
, 14:0	5,10±0,115	4,90±0,115	4,70±0,058*
, 15:0	1,00±0,058	0,90±0,058	0,77±0,033*
, 16:0	100,07±4,330	95,73±4,281	87,70±1,457
, 16:1	9,87±0,291	10,17±0,291	8,90±0,173*
, 18:0	26,47±1,271	23,57±0,674	23,13±0,376
, 18:1	563,47±9,215	571,67±10,007	532,73±5,124*
, 18:2	161,80±9,225	171,20±9,109	138,03±2,642
, 18:3	96,63±2,341	101,30±2,381	87,47±1,622*
, 20:0	80,70±2,714	75,80±2,433	79,93±2,021
, 20:1	111,10±5,719	119,20±5,378	94,67±2,230
, 20:2	67,43±1,906	72,27±1,690	61,53±1,071
, 20:3	40,47±1,559	43,80±2,079	34,33±1,503*
( ), 20:4	61,53±2,315	64,77±2,541	54,33±1,503
, 20:5	76,77±3,011	81,17±2,426	67,47±1,622
, 22:2	68,30±2,570	72,23±2,397	65,50±1,012
, 22:3	30,47±2,021	33,83±2,173	24,33±1,017
, 22:4	26,40±1,677	29,60±2,254	23,47±1,097
, 22:5	58,20±1,793	62,03±1,359	52,10±0,751*
, 22:6	121,13±5,958	129,47±6,293	105,03±2,058
	1707,94	1764,48	1546,76
. . .	214,37	201,77	196,87
	684,44	701,04	636,30
	809,13	861,67	713,59
-3/ -6	0,90	0,90	0,89

(200,87      213,37 · 10<sup>-3</sup>/      )      (0,90      1,00  
· 10<sup>-3</sup>/      )

—      ,      ,      ,      (0,29  
0,31).

,      9\_      .

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

( . 3.20).

(196,10      213,37 · 10<sup>-3</sup>/      )

(0,77      1,00)

-7 (8,90      9,87)      -9 (627,40

674,57)      -3 (336,40      383,20)      -6

(377,19      425,93 · 10<sup>-3</sup>/      ).

-3

-6 ( . 3.20).

(0,58      0,61

).





		$\cdot 10^{-3}/$	(M±m, n=4)
, 10:0	0,23±0,033	0,33±0,033	0,43±0,033*
, 12:0	0,47±0,033	0,57±0,033	0,73±0,033**
, 14:0	3,80±0,173	4,03±0,176	4,30±0,058
, 15:0	0,70±0,058	0,80±0,058	0,93±0,033*
, 16:0	81,80±3,205	85,60±3,235	92,70±1,852*
, 16:1	8,40±0,173	8,73±0,203	9,20±0,173*
, 18:0	21,87±1,009	22,73±1,033	25,17±0,581*
, 18:1	528,47±10,616	536,97±10,233	559,40±5,255
, 18:2	127,07±4,953	133,13±4,148	143,43±3,957
, 18:3	76,87±1,707	80,83±1,650	80,43±1,625
, 20:0	64,57±1,450	67,90±1,242	70,43±1,299*
, 20:1	84,57±1,713	88,00±1,514	92,43±1,565*
, 20:2	56,50±1,415	59,90±1,595	62,50±1,274*
, 20:3	34,03±1,244	36,50±1,504	37,83±0,521*
( ), 20:4	42,57±1,676	45,40±1,137	47,17±0,561
, 20:5	56,27±1,790	60,07±2,136	62,70±1,250*
, 22:2	47,30±1,790	50,57±1,936	54,10±1,250*
, 22:3	24,20±0,924	25,83±1,335	27,77±0,825*
, 22:4	18,53±0,899	19,63±1,040	22,40±0,462*
, 22:5	44,00±1,328	46,97±1,433	49,00±0,924*
, 22:6	87,50±3,897	91,67±4,101	99,90±2,329
	1409,72	1466,16	1542,95
. .	173,44	181,96	194,69
	621,44	633,70	661,03
	614,84	650,50	687,23
-3/ -6	0,89	0,88	0,87

3.21

16 200  $\cdot 10^{-3}/$

, , , ,  
 , .

. , ,  
 , ( . 3.22)

.

-7 ( 0,07 0,07 0,06 / ) -9 (4,62 4,45  
 4,28) -3 (2,35 2,20 1,96) -6  
 ( 2,36 2,19 1,95 / ).

-3

-6 ( . 3.22).

( 0,65 0,71 0,84 ) ( )  
 0,31 0,32 0,36 )

.

, , , 3-, 4-, 5- 6- .

.

( 1,37  
 1,37 1,52 / ).

, ,  
 - ,  
 ( 0,29 0,30 0,34  
 ).

.

		, /	(M±m, n=4)
, 12:0	0,02±0,003	0,02±0,003	0,02±0,003
, 14:0	0,04±0,003	0,04±0,003	0,03±0,003*
, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 16:0	0,66±0,026	0,64±0,023	0,62±0,023
, 16:1	0,06±0,003	0,07±0,003	0,07±0,003
, 18:0	0,18±0,011	0,15±0,009	0,16±0,009
, 18:1	3,50±0,050	3,7±0,064	3,57±0,044
, 18:2	0,89±0,029	0,93±0,029	0,91±0,036
, 18:3	0,52±0,029	0,56±0,035	0,53±0,035
, 20:0	0,60±0,032	0,51±0,020	0,53±0,023
, 20:1	0,71±0,026	0,83±0,029*	0,80±0,032
, 20:2	0,37±0,020	0,47±0,026*	0,45±0,026
, 20:3	0,20±0,011	0,27±0,017*	0,25±0,017
( ), 20:4	0,27±0,017	0,37±0,023*	0,32±0,017
, 20:5	0,42±0,023	0,53±0,032*	0,49±0,023
, 22:2	0,06±0,003	0,09±0,003**	0,07±0,003
, 22:3	0,08±0,003	0,10±0,009	0,09±0,006
, 22:4	0,16±0,011	0,23±0,014*	0,19±0,006
, 22:5	0,32±0,017	0,40±0,020*	0,38±0,017
, 22:6	0,62±0,026	0,76±0,037*	0,71±0,026
	9,71	10,70	10,21
. .	1,52	1,37	1,37
	4,28	4,62	4,45
	3,91	4,71	4,39
-3/ -6	1,01	1,00	1,00

, ,

3.22 ,

8 100  $\cdot 10^{-3}/$

, ,

, , ,

( ), , ,

, .

,

( . 3.23, 3.24 3.25). ,

8 100  $\cdot 10^{-3}/$  ,

,

( . 3.23)

.

-7 (15,4 14,6  $\cdot 10^{-3}/$

) -9 (842,9 832,4) -3

(983,6 953,3) -6 (625,8 597,9  $\cdot 10^{-3}/$  ).

-3 -6

( . 3.23).

(0,18 0,17).

(241,6 250,6

$\cdot 10^{-3}/$  ) (1,7 1,8  $\cdot 10^{-3}/$  )

(0,21 0,21).

3.23

,  $\cdot 10^{-3}$ /

(M±m, n=4)

, 10:0	1,3±0,06	1,2±0,06	1,1±0,03*
, 12:0	1,8±0,06	1,6±0,06	1,6±0,03*
, 14:0	9,9±0,26	9,5±0,23	9,1±0,16
, 15:0	1,8±0,10	1,7±0,06	1,5±0,03
, 16:0	138,3±4,18	133,9±4,46	125,6±2,08
, 16:1	14,6±0,60	15,4±0,66	13,1±0,23
, 18:0	26,6±0,98	36,1±1,01	34,0±0,32
, 18:1	759,8±8,13	768,0±6,28	736,7±4,00
, 18:2	159,1±3,97	166,0±3,48	143,4±4,38
, 18:3	141,3±3,81	150,0±2,49	130,0±2,42
, 20:0	62,7±1,96	59,2±2,43	56,0±1,30*
, 20:1	72,6±2,12	74,8±1,94	66,2±0,84*
, 20:2	61,4±2,13	70,2±2,08	63,6±1,27
, 20:3	52,2±2,36	55,4±2,12	45,7±0,79
( ), 20:4	167,2±7,57	173,7±8,64	141,9±2,62
, 20:5	198,6±8,43	203,8±9,62	173,8±4,19
, 22:2	26,6±0,83	27,8±0,91	23,5±0,43*
, 22:3	41,7±1,22	43,6±0,92	37,1±0,87*
, 22:4	126,3±4,44	132,3±5,00	112,7±1,63*
, 22:5	236,1±6,18	141,7±6,92	215,5±3,14*
, 22:6	335,6±5,54	344,3±4,76	314,9±3,65*
	2650,6	2711,1	2452,0
. .	252,4	243,4	229,0
	847,0	858,3	816,0
	1551,2	1609,4	1407,0
-3/ -6	1,59	1,57	1,63

200 · 10<sup>-3</sup>/

,

,

( · 3.23).

,

,

.

(227,5 250,6 · 10<sup>-3</sup>/ )

(1,5 1,8)

,

-7 (13,1 14,6) -9 (802,9

832,4)

-3 (871,0 953,3) -6

(536,0 597,9 · 10<sup>-3</sup>/

).

-3

-6 ( · 3.23).

,

(0,18

0,17 ).

,

.

,

,

.

3.23

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

( . 3.24).

3.24

		$\cdot 10^{-3}/$	(M±m, n=4)
, 10:0	1,0±0,03	1,0±0,03	1,1±0,02*
, 12:0	1,2±0,06	1,3±0,06	1,3±0,02*
, 14:0	7,2±0,41	7,6±0,44	8,5±0,20*
, 15:0	1,5±0,06	1,6±0,04	1,7±0,03*
, 16:0	115,7±7,81	121,3±8,24	138,9±2,35*
, 16:1	9,3±0,39	9,8±0,55	10,5±0,16*
, 18:0	32,7±0,95	34,8±0,78	36,3±0,66*
, 18:1	709,3±26,80	742,8±25,82	770,5±5,18
, 18:2	134,9±2,93	138,9±2,93	144,5±1,99
, 18:3	108,4±3,36	113,2±2,34	119,7±2,31
, 20:0	46,9±1,12	48,7±1,04	52,1±1,22*
, 20:1	57,7±2,68	61,3±3,08	65,2±0,86
, 20:2	59,6±2,76	63,1±2,59	67,3±0,95
, 20:3	46,4±1,17	48,9±0,96	55,8±1,07
( ), 20:4	147,2±6,43	154,4±6,48	166,1±2,44
, 20:5	157,9±4,25	164,6±3,52	170,4±2,47
, 22:2	21,7±0,98	23,7±1,13	25,6±0,62*
, 22:3	36,1±0,86	39,1±0,94	39,9±0,86*
, 22:4	112,9±3,98	119,1±2,86	125,5±2,02*
, 22:5	196,2±5,48	204,3±4,95	214,4±2,70*
, 22:6	287,5±6,22	296,1±6,14	310,3±5,06*
	3601,2	3761,7	3956,0
. .	206,4	216,5	240,1
	2085,6	2179,6	2281,1
	1309,2	1365,6	1434,8
-3/ -6	1,50	1,49	1,48





-3

-6 ( . 3.25).

( 0,89 0,90 0,96 )

( 0,31 0,29 0,32 )

3.25

		, /	(M±m, n=4)	
	, 10:0	0,01±0,001	0,01±0,000	0,01±0,000
	, 12:0	0,02±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
	, 14:0	0,10±0,007	0,08±0,007	0,08±0,007
	, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,001	0,01±0,001
	, 16:0	1,27±0,040	1,23±0,051	1,20±0,053
	, 16:1	0,11±0,007	0,15±0,008*	0,14±0,008
	, 18:0	0,42±0,018	0,40±0,018	0,38±0,016
	, 18:1	6,51±0,040	6,71±0,058	6,65±0,040
	, 18:2	1,40±0,040	1,37±0,039	1,34±0,032
	, 18:3	1,21±0,033	1,17±0,028	1,13±0,030
	, 20:0	1,22±0,042	1,18±0,042	1,14±0,037
	, 20:1	0,65±0,030	0,76±0,025*	0,72±0,021
	, 20:2	0,55±0,025	0,68±0,040	0,64±0,037
	, 20:3	0,43±0,018	0,52±0,027	0,50±0,023
( )	, 20:4	1,32±0,054	1,57±0,062*	1,51±0,060
20:5	,	1,48±0,058	1,78±0,081	1,70±0,079
	, 22:2	0,21±0,008	0,25±0,005*	0,24±0,010
	, 22:3	0,31±0,010	0,35±0,013	0,33±0,011
	, 22:4	1,07±0,052	1,26±0,042*	1,21±0,039
22:5	,	2,15±0,078	2,48±0,087*	2,42±0,101
	, 22:6	3,24±0,107	3,69±0,134	3,62±0,130
		23,75	25,68	25,05
. .		3,05	2,93	2,84
		7,30	7,66	7,54
		13,40	15,09	14,67
-3/ -6		1,68	1,67	1,69

3<sub>-</sub>, 4<sub>-</sub>, 5<sub>-</sub> 6<sub>-</sub>

2,83

3,04 /

).

( 2,92

, ,

— ,

( 0,09 0,09 0,10

).

, .

9<sub>-</sub>

, ,

, ,

. ,

, ,

, ,

.

3.25 ,

8 100 ·10<sup>-3</sup>/

,

, ,

( ), , .

,

( . 3.26, 3.27 3.28). ,  
8 100 ·10<sup>-3</sup>/

( . 3.26).

-7 (14,03

13,60 ·10<sup>-3</sup>/ ) -9 (981,43 941,20)  
-3 (559,20 527,30) -6 (547,79 516,44 ·10<sup>-3</sup>/  
).

-3

-6 ( . 3.26).

(0,93 0,95).

(274,97 291,17 ·10<sup>-3</sup>/  
3/ ) (1,50 1,60 ·10<sup>-3</sup>/ )

(0,27 0,30).

( . 3.26).

	$\cdot 10^{-3}/$	$(M \pm m, n=4)$	
, 10:0	0,70±0,058	0,63±0,088	0,47±0,033*
, 12:0	1,20±0,058	1,00±0,058	0,97±0,033*
, 14:0	7,80±0,173	7,47±0,176	7,20±0,115*
, 15:0	1,60±0,058	1,50±0,058	1,37±0,033*
, 16:0	146,50±4,451	138,70±5,292	129,27±4,586
, 16:1	13,60±0,346	14,03±0,376	12,43±0,203*
, 18:0	44,40±1,710	41,47±1,683	39,30±0,586*
, 18:1	806,70±22,351	840,03±19,904	741,70±7,998
, 18:2	251,87±7,538	263,70±9,500	220,97±7,403*
, 18:3	162,80±4,277	173,13±4,518	142,60±5,460*
, 20:0	90,57±2,206	85,70±2,170	82,40±1,677*
, 20:1	134,50±3,496	141,40±3,951	126,20±3,580
, 20:2	90,60±2,658	95,63±3,106	79,33±2,738*
, 20:3	48,37±1,855	52,33±1,923	39,53±2,085*
( ), 20:4	66,17±2,092	71,33±2,571	58,07±1,622*
, 20:5	99,57±2,541	101,57±4,341	82,43±2,572**
, 22:2	19,50±0,723	20,70±0,681	17,37±0,376
, 22:3	38,43±1,680	42,77±1,848	32,13±1,502*
, 22:4	39,93±2,021	44,10±1,692	35,70±1,762
, 22:5	83,07±2,677	89,10±3,308	77,53±1,752
, 22:6	143,43±6,953	152,63±7,214	125,80±2,540
	2291,31	2378,92	2052,77
. .	292,77	276,47	260,98
	954,80	995,46	880,33
	1043,74	1106,99	911,46
-3/ -6	1,02	1,02	1,02

(259,61      291,17  $\cdot 10^{-3}/$  )



( ),

( 3.27).

3.27

	$\cdot 10^{-3}/$	(M±m, n=4)	
, 10:0	0,37±0,033	0,47±0,033	0,57±0,033*
, 12:0	0,80±0,058	0,90±0,058	1,03±0,033*
, 14:0	6,60±0,115	6,83±0,145	7,03±0,088*
, 15:0	1,20±0,058	1,30±0,058	1,47±0,067*
, 16:0	123,57±5,112	130,07±5,170	140,77±4,503
, 16:1	10,40±0,693	11,17±0,639	12,47±0,260*
, 18:0	36,47±1,444	38,77±1,707	42,93±1,444*
, 18:1	628,13±10,024	639,80±10,543	663,10±7,697
, 18:2	216,87±7,552	231,23±5,523	242,00±4,562*
, 18:3	120,07±5,603	127,93±5,124	138,73±3,811
, 20:0	76,60±2,139	81,57±1,713	85,43±2,396
, 20:1	116,83±4,215	125,20±4,796	133,87±4,045*
, 20:2	72,33±2,230	77,43±2,558	81,80±1,950*
, 20:3	36,73±1,906	40,07±1,790	43,67±1,387*
( ), 20:4	42,50±1,704	46,07±1,617	48,27±1,241
, 20:5	80,67±2,512	86,80±2,960	90,67±2,140*
, 22:2	14,37±0,924	15,47±0,996	17,13±0,467
, 22:3	26,20±1,097	28,83±1,241	30,83±1,071*
, 22:4	24,40±1,012	27,23±0,984	28,60±0,866*
, 22:5	62,37±1,855	66,73±1,638	68,77±1,472
, 22:6	116,97±4,853	128,80±3,503	131,87±2,483
	1814,45	1912,67	2011,01
. .	245,61	259,91	279,23
	755,36	776,17	809,44
	813,48	876,59	922,34
-3/ -6	1,00	1,00	1,00



-3 (3,02 2,89 2,65) -6 ( 3,05 2,92 2,77 /  
 ).  
 -3 -6 ( . 3.28).

3.28

	/ (M±m, n=4)		
, 10:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 12:0	0,02±0,000	0,01±0,003*	0,01±0,003*
, 14:0	0,04±0,003	0,03±0,003	0,03±0,003
, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
, 16:0	0,88±0,032	0,82±0,030	0,80±0,033
, 16:1	0,06±0,003	0,07±0,003	0,07±0,003
, 18:0	0,23±0,011	0,20±0,011	0,19±0,011
, 18:1	4,48±0,202	5,23±0,191	5,11±0,173
, 18:2	1,37±0,055	1,30±0,058	1,27±0,058
, 18:3	0,72±0,026	0,67±0,026	0,64±0,023
, 20:0	0,81±0,029	0,76±0,026	0,72±0,023
, 20:1	0,93±0,035	1,10±0,046*	1,04±0,043
, 20:2	0,51±0,017	0,60±0,026*	0,58±0,029
, 20:3	0,27±0,020	0,36±0,020*	0,33±0,021
( ), 20:4	0,32±0,017	0,41±0,023*	0,38±0,023
, 20:5	0,55±0,026	0,67±0,026*	0,63±0,029
, 22:2	0,09±0,006	0,12±0,006*	0,10±0,006
, 22:3	0,11±0,006	0,14±0,006*	0,13±0,006
, 22:4	0,21±0,011	0,26±0,014*	0,26±0,014*
, 22:5	0,42±0,020	0,52±0,026*	0,50±0,023
, 22:6	0,85±0,037	1,02±0,049	0,99±0,040
	12,90	14,33	13,82
. .	2,00	1,84	1,77
	5,48	6,42	6,24
	5,42	6,07	5,81
-3/ -6	0,96	0,99	0,98

0,77 0,98 ) ( 0,29 0,28 0,37 ( 0,74





$$16 \cdot 200 \cdot 10^{-3}$$

( . 3.29).

1,65

–

1,94 1,70

3.29

(M±m, n=10)

332,2±1,77	332,5±1,51	332,3±1,92
(45 )		
548,0±2,94	645,0±2,94***	564,8±3,53

1

2

-3 -6,

[119, 169, 171, 173, 344].

## 4

248].

[39, 46, 101, 236,

[82, 209, 216, 226, 252, 257, 332, 235].

[103].

[39].

[50, 51, 133].

(  $4,2 \cdot 10^{-3}$  /  $0,3 \cdot 10^{-3}$  ),

(  $1 \cdot 10^{-3}$  /  $0,3 \cdot 10^{-3}$  ),

(  $<0,05$  ).

2 20 ·10<sup>-3</sup>/ ,  
 ( <0,05-0,001):

, , , -  
 , ( <0,05-0,001).

· ,  
 1 10 ·10<sup>-3</sup>/ ,

, ,  
 , - ( <0,05).

20 ·10<sup>-3</sup>/ ,

, , ,  
 , ( <0,05),  
 ( <0,05).

2

10 ·10<sup>-3</sup>/ ,

·  
 ( , ,  
 , - ) , ,  
 ,  
 ,  
 , -  
 ( <0,05-0,01).

1

2 20 ·10<sup>-3</sup>/ ,

( <0,05-0,01).

( <0,05).

$$1 \cdot 10^{-3}/$$

$$(<0,1).$$

$$-3$$

$$(<0,5).$$

$$20 \cdot 10^{-3}/$$

$$(<0,05).$$

$$-7 \quad -9$$

$$(<0,05-0,01).$$

$$-3 \quad -6$$

$$-3$$

$$-6 \quad (<0,1).$$

$$(<0,05).$$

[63, 64, 100].

(18 )

[13, 271].

( <0,05–0,01).

-3 -6 ( <0,05–0,01).

-7 -9

-3

-6 ( <0,5).

( <0,05–0,01).

-9

-3 -6

(  $<0,05-0,01$ ).

-3

-6 (  $<0,05$ ).

(  $<0,05$ ).

‘ ‘ ‘

.

‘

‘ ‘

[64, 100].

.

‘

‘

‘

(  $<0,1$ ).

‘

-7 -9

-3 -6 (  $<0,1-0,05$ ).

-3

-6

( <0,1).

( <0,1).

2

20 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,05–0,01).

-7 -9

-3 -6 ( <0,05–0,01).

-3

-6 ( <0,05).

( <0,1).

1 10 · 10<sup>-3</sup>/

2 20 · 10<sup>-3</sup>/ –

( <0,05).



,

-7 -9

-3 -6 ( <0,05-0,01).

,

.

-3 -6

( <0,05).

.

,

,

,

( <0,1).

,

-7 -9

-3 -6 ( <0,5-0,1).

,

,

.

-3

-6 ( <0,1).

( <0,5).

,

$$1 \cdot 10^{-3} /$$

( <0,1).

$$-6 \quad -7 \quad -9 \quad -3$$

( <0,1).

$$-3$$

-6 ( <0,5).

$$( <0,05), \quad -$$

$$20 \cdot 10^{-3} /$$

2

( <0,05).

$$-7 \quad -9$$

-3 -6 ( <0,05-0,01).

$$-3$$

-6 ( <0,5).

( <0,05).

, ,  
 .  
 $1 \quad 10 \cdot 10^{-3}/$   
 ,  
 $2 \quad 20 \cdot 10^{-3}/ -$  .  
 ,  
 ,  
 ( <0,05).

,  $-7 \quad -9$   
 $-3 \quad -6$  ( <0,05–0,01).  
 $-3$   
 $-6$  ( <0,05).

( <0,1).

-7 -9 -3 -6 ( <0,1-0,05).  
-3 -6 ( <0,1).  
( <0,5), -  
( <0,05).  
,  
,  
.  
,  
,  
.  
3,90% ( <0,5), - 4,91%  
( <0,1) 9,75% ( <0,05).  
,  
.  
,  
8 ·10<sup>-3</sup>/  
100 ·10<sup>-3</sup>/ , ( 4,5  
48,6 ·10<sup>-3</sup>/ ), ( <0,01),  
, ( <0,05), -  
, ( <0,05).  
16 ·10<sup>-3</sup>/  
( <0,05). 200 ·10<sup>-3</sup>/  
( <0,01) -  
( <0,05).

8 100 ·10<sup>-3</sup>/

( <0,05-0,01).

16

200 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,05).

100 · 10<sup>-3</sup>/

8

( <0,05–0,01).

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,05).

8 100 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,1).

9

-3 -6 ( <0,05-0,01).

-3

-6

( <0,1).

( <0,05-0,01).

3-, 4-, 5- 6-

( <0,1).

( <0,05-0,01).

9-

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,05-0,01).

-7 -9

-3 -6 ( <0,05-0,01).

-3

-6 ( <0,1).

( <0,01).

,

.

,

,

[64, 100].

(18

)

,

[13,

271].

,

,

,

.

,

( <0,05–0,01).

,

.

,

-7 -9

-3 -6 ( <0,05–0,01).

-3

-6 ( <0,1).

.

,

,

( <0,05–0,01).

-7 -9 -3 -6  
( <0,05-0,01).

-3 -6 ( <0,1).

( <0,05-0,01).

, 4-, 5- 6- [267, 220, 55, 68]. 3-

[286].

( <0,05-0,01).

( <0,05-0,01).

[64, 100].



$$8 \quad 100 \cdot 10^{-3}/$$

$$(\lt 0,1).$$

$$-7 \quad -9$$

$$-3 \quad -6 (\lt 0,05-0,01).$$

$$-3$$

$$-6 (\lt 0,5-0,1).$$

$$(\lt 0,05-0,01).$$

$$(\lt 0,5-0,1).$$

$$(\lt 0,5).$$

$$8$$

$$100 \cdot 10^{-3}/$$

$$(\lt 0,05-0,01).$$

$$-7 \quad -9$$

$$-3 \quad -6 (\lt 0,05-0,01).$$

$$-3$$

$$-6 (\lt 0,1).$$

( <0,05).

[64, 100].

(18 )

[13, 271].

( <0,05–

0,01).

-7 -9

-3 -6 ( <0,05–0,01).

-3

-6 ( <0,1).

( <0,05–0,01).

-7 -9 -3 -6  
 ( <0,05-0,01). -3 -6 ( <0,1).

( <0,05-0,01).  
 , 4-, 5- 6- [55, 68, 220, 267].  
 3-

[286].

( <0,05-0,01).  
 , - ,  
 ( <0,05-0,01).  
 , 9- [209, 226].

[64, 100].

8 100 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,1).

-7 -9 -3 -6  
( <0,05-0,01).

-3  
-6 ( <0,5-0,1).

( <0,05-0,01).

( <0,05-0,01).

,  
-  
( <0,05-0,01).

16 200 · 10<sup>-3</sup>/

( <0,05-0,01).

-7 -9  
-3 -6 ( <0,05-0,01).

-3

-6 ( <0,5-0,1).

,  
( <0,5-0,1).

, ,  
- ,  
( <0,5-0,1).

,  
.  
[64, 100]. , ,

( , , ).  
(18 )

[13, 271]. ,  
, , .  
,

( <0,05-0,01).

-3 -6 ( <0,05-0,01).

-3

-6 ( <0,5).

· , ,

( <0,05-0,01).

-7 -9

-3 -6 ( <0,05-0,01).

-3

-6

( <0,05-0,01).

3-, 4-, 5- 6- [55, 68, 220,

267].

[286].

( <0,05-0,01).

, , - , ,

( <0,05-0,01).

9- [209, 226].

· ,

[286].

, ,

[64, 100].

[64, 100].

1,65

1,94 ( <0,01) 1,70 ( <0,1)

1

2

-3 -6,





3,9 5,14 %). , 5,41 %  
( < 0,05).

3.

,

-7 -9

-3 -

6 , - ( < 0,1-0,01).

4.

9 , -3 -6  
( < 0,05-0,01).

-3  
-6 ( < 0,05-0,01).

( < 0,05-0,01).

5.

8

100 ·10<sup>-3</sup>/  
, , - , ,  
( < 0,05-0,01). 16

200 ·10<sup>-3</sup>/  
( < 0,05), - ,

, ( < 0,05-0,01).

6.

8

100 ·10<sup>-3</sup>/  
( < 0,05-  
0,01) ( 11,20 %), , -

( 10,61 13,02 %)

( 13,64 2,94 %)

( 8,58 %), ,

( 7,54 %) - ( 8,52 %),  
- ( 7,03 8,86 %) -  
( 8,04 4,02 %).  
16 200 ·10<sup>-3</sup>/  
,  
( 10,42; 11,36 12,09 %)  
( 15,63; 6,93 2,79 %) ,  
( < 0,05) ( 7,20; 6,06 5,09 %).  
( < 0,05)  
( 5,77 %) - ( 5,45 %),  
- ( 4,29 5,16 %),  
( 6,78 5,54 %) - ( 14,87  
4,33 %).  
7. ,  
,  
, - ( < 0,05–0,01). ,  
( < 0,1–  
0,05).  
8. ,  
,  
,  
( < 0,01–0,001).  
9. , 21  
( 0,3 4,2 ·10<sup>-3</sup> / ), 3,90  
% . ,



$$1 \cdot 10^{-3} / .$$

$$8 \cdot 10^{-3} /$$

$$100 \cdot 10^{-3} / .$$

1. // . 2009. . 11, 1/2. . 59—70.
2. . . . . : , 2008.  
636 .
3. ( ) / . .  
. // . . . 2002. 3. . 24—31.
4. . . // . 1996. 6. . 4—12.
5. . . :  
// . 1998. 10. . 10—17.
6. . . , . . . . . : , 1992. 125 .
7. . .  
— // Biomedical and biosocial  
anthropology. 2014. 23. . 263—269.
8. . . // .  
2006. . 48, 6. . 465—474.
9. . .  
// . : , 1967.  
. 275—279.
10. . . . . .  
, 1968. . 85—96.
11. n-3  
/ . . . // .  
. 2010. . 12, 2. . 34—43.
12. ( -3)  
/ . . . // .  
. 2009. 1. . 83—87.

13. . . . // . 2006. . 8, 1-2. . 63—71. /

14. . . . , . . . . // - . 1997. . 19,

1. . 100—102.

15. . . . , . . . . // - . 1997. . 19, 1. .

97—98.

16. . . . ( ) , // -

. 2007. . 8, 1-2. . 14—25.

17. . . . ( ) // - . 2006. . 94. . 42—52.

18. . . . // - . 2006. . 7, 1-2. . 201—205.

19. . . . : , 1980. 168 .

20. . . . // : . . : . , 2004. . 16—17.

21. . . . // . 2006. . 1.

. 15—17.

22. . . .

- // . . .
- . 1990. 6. . 550—552.
- 23. . . . .
- // . 1969. . 9,
- 5(58). . 904—916.
- 24. . . . .
- //
- . 2000. . 6, 12. . 13—9.
- 25. . . . .
- // . . . . .
- . 1979. . 245. . 61—64.
- 26. . . . .
- / . . . // . 1971. . 13. . 87—90.
- 27. . . . .
- / . . . // . 2005. 9. . 30—
- 31. . . . .
- 28. . . . .
- / . . . // . . . . .
- . 2014. 4. . 44—48. ( : ).
- 29. . . . .
- / . . . // . . . . .
- . . . . 2016. 18, . 2(67). . 90—94.
- 30. . . . .
- // . . . . .
- 2009. . 8, 4. . 6—12.
- 31. . . . . : , 1993.
- 224 . . . . .
- 32. A . . . . .
- / . . . // . . . . .

- .. . 2015. .17, 2(62). .193—197.
33. , , / . . // . 2011. .13, 1-2. .239—242.
34. , , / . . // . 2013. 1. .45—49.
35. (Cyprinus carpio L.) / . // . - . 2008. . 48. . 157—161. ( ).
36. // . . - . 2008. .20. .6—24.
37. . ,, . . // . 1949. .21. .27—31. ( ).
38. . . - . ,2007. 306 .
39. . ,, . ,, . . . : ,2015. 472 .
40. . ,, . ,, . . : . : ,2010. 336 .
41. . . : - // . 2011. 2 (47). . 237—262. ( : ).
42. . . ( ) // . . . 2008. .10, 3 (38), .1. .51—55.
43. . ,, . . . : ,2009. 336 .



- 44. -2012: / . . . ;  
 . :  
 , 2013. 234 .
- 45. . ,, . .  
 ' //  
 . 2011. 2. . 141—144.
- 46. . . -  
 : . . . . . :  
 03.00.18. , 1985. 41 .
- 47. . ,, . .  
 //
- . . . .  
 : . , 1980. . 26—27.
- 48. / . . . , . . .  
 , 1991. 104 .
- 49. . ,, . ,, . .  
 - //  
 . . . 2011. . 13, 2(48), . 2. . 227—233.
- 50. . ,, . .  
 // .
- . 2012. . 48, 1. . 57—64.
- 51. . ,, . ,, . .  
 //
- . 2011. 1. . 39—49.
- 52. . .  
 . : , 2006. 221 .
- 53. . .  
 . : , 2006. 282 .
- 54. . . .

- : ,2008. 408 .
- 55. / . . . .
- ; . . . . : ,1987. 406 .
- 56. . ,, . ,, . . . .
- . : ,2001. 343 .
- 57. . . -
- // . 2012. . 60.
- . 21—39.
- 58. . . : ,1985. 304 .
- 59. . .
- // :7 . .
- : . . 1. ,1989. . 164—165.
- 60. . .
- // . . 2004.
- . 40, 2. . 97—103.
- 61. . .
- // . 2011. 4. . 87—93.
- 62.
- (1990—2001 .) / . . // : .
- : .- . ., 22-24 . 2008 .:
- . : ,2008. . 212—215.
- 63. . ,, . ,, . . . .
- ,
- // . . . 2016. 3. . 108—116.
- 64. . .
- // . . . 2010. .
- 2(43), .: . . 273—280. ( : ).
- 65. . ,, . . . .
- ( , - , ) // . 2003. .

5. .23—28.

66. . . , . . .  
 . : - , 2011. 330 .

67. . . , . . .

// . . . .2011. .83, 4. .77—83.

68. . . , . . , . . .  
 b5 ( . . .  
 -450) // . . .  
 .2004. 2(22). .9—21.

69. . . .  
 : , // . . .  
 .1999. 1. .2—7.

70. . . .  
 , // . . .  
 .2001. .37, 4. .45—51.

71. . . , . . .  
 : / . . . : , 2012. 761 .

72. ,, . . . *Cyprinus arpio*  
*Hypophthalmichthys* spp. // . . .

.2014. 5(56). .26—29.

73. . . . / . . . , . . .  
 / . . . : , 1985. .2. 633 .

74. . . . :  
 // . . . .1999. .35, 2. .22—42.

75. . . , . . , . . .

A // . . . .

2015. .17, 3(63). C. 241—246.

76. . . , . . .

- // . . . 2004. . 40, 5.
- . 49—56.
77. . . . . :  
 , 2008. 624 .
78. . . . .  
 // - .
2006. 1, 2. . 79—82.
79. . . . .  
 : , 1971. 248 .
80. / . . . .  
 . ; . . . . : , 2006. 408 .
81. . . . .  
 / . . . . , . . . . : , 1983.
- 51 .
82. : , ,  
 / . . . . : , 1991. 496 .
83. . . . .  
 : , 1948. 352 .
84. . . . . ( - ) . , 2011. 420 .
85. . . . . . . 8 : , . 2 :  
 , . 2. : , 1983. 360 .
86. . . . .  
 . : , 2009. 400 .
87. ,, . . . .  
 . : , 1987. 288 .
88. . . . .  
 , 2001. 192 .
89. / . . . .

: , 2002. 128 .

90.

2014 . :

2016. 350 .

91.

2015 . :

2017. 306 .

92.

1985. 144 .

93.

. . // . 1985. . 39. . 23—27.

94.

1, 2. . 83—85.

95.

3. . 41—48.

96.

. 2007. . 9, 1-2. . 123—126.

97.

. 2013. 4. . 86—96.

98.

2013. 1. . 87—96.

99.

100. // . 2009. 1. . 133—139.  
(*Cyprinus carpio* L.) / . . // . 2013, 2(55). C. 10—14.  
( : ).
101. . . . 2- .,  
. - : , 2012. 564 .
102. . . - // . 1988. . 202—
- 221.
103. . . . -  
: , 2001. 372 .
104. - / . .  
.// . 1980. . 31. . 45—48.
105. . ,, . ,, . .  
// . - . 2011. 10—11. . 108—111.
106. . . ,  
, :  
.... . - . : 03.00.04. , 2003. 111 .
107. . . ,  
, :  
. . . . - . : . 03.00.04 « ».  
, 2003. 16 .
108. . .  
, // -  
. 2002. . 4, 1. . 114—116.
109. . ,, . .

- ， // - . 2001.
- . 3, 1-2. . 231—233.
110. . . , . .  
// . . . 1989. . 61, 2. . 14—26.
111. , / . . .
- // . 2004. . 63. . 155—160.
112. . . , . . , . .
- // . 2011. . 13, 1-2. . 227—231.
113. . . , . .  
// . 2007. 1. . 49—56.
114. / . . . // . 2014. 2. . 14—21.
115. . - . . . :  
, 1976. 354 .
116. . . : , 1954. 372 .
117. . . , . . ,  
// . 1981. 8. . 32—35.
118. . . , . . // . 1997. . 69, 1. . 79—83.
119. . . , . . :  
. : , 2010. 110 .
120. . . , . .

//

. . . .2016. .18, 2(67). .225—229.  
121. . . .

//

. . . .2014. .16, 3(60), .2. .264—273.  
122.

/ . . . //

.2013, 2(55). C. 14—20.

( : ).

123. . . . : ,2001. 728 .

124. . . . . . . . . .

// . . .1985. .

21, 3. .57—62.

125. / .

. . . . : ,1961. 265 .

126. . . . . . . . . .

//

-2 : -

: .— ; .,2007.— .230—233.

127. . . .

(*Ictalurus nebulosus* Lesueur, 1819) //

.2015. 2. .132—136.

128.

/ . . . // : III .

., , 1976 .: . .1. : ,1976. .

75—76.

129. . . . .

,1998. 122 .

130. . . . . . . . . . :



- , 1983. 240 .
131. . . , . . . . . // . . . . .
2006. 1. . 20—24.
132. / . . . // . . . . .
- . 2011. . 13, 4(50), . 2. . 3—11.
133. . . , . . , . . . . . — // . 2007.
- . 8, 5—6. . 53—58.
134. . . , . . , . . . . . -
- . . . . . (
- ) //
- . 2009. 2. . 168—171. ( : ).
135. . . . . :
- , 2008. 150 .
136. . . , . . . . . -
- . : , 2007. 182 .
137. . . , . . . . . //
- : . 2012. . 62. . 142—147.
138. . . . . //
- . 2003. 1. . 8—14.
139. . . . . :
- , 1982. 248 .
140. . . . . :
- , 1962. 444 .

141. / . . . :
- , 1981. 336 .
142. . . .
- . : , 1957. 140 .
143. . ,, . ,, . . .
- // . 1967. 4. . 49—53.
144. . ,, . .
- // . 1999. . 1, 1. . 19—25.
145. . ,, . ,, . . .
- : , 1978. 104 .
146. . ,, . .
- ( )// . 2014. 2. . 55—68.
147. . . .
- . : , 1990. .
- 84—128.
148. / . . . // . 2000. . 2, 2. . 34—
- 43.
149. . ,, . ,, . . .
- // ,
- 
- : . . . , 12 . 2012 ., : . , 2012.
- . 182—184.
150. . . .
- : . . .
- . . . : 03.00.04 « » . : ,
2000. 18 .
151. / . . . : , 2008. 560 .

152. / . . . //
- . 2014. T. 16, 2. C. 56—65.
153. . . .  
: . . .  
. .- . : 03.00.04. , 2008. 16 .
154. . . .  
 ,  
// . 2010. 1. . 42—50.
155. . . . - : . . .  
: , 1983. 144 .
156. . . .  
 , // -  
. 2010. . 11, 2-3. . 219—223.
157. . . . ,  
: . . .  
. .- . : 03.00.04. , 2009. 16 c.
158. . . .  
// . 2010. 5. . 41—44.
159. . . .  
// . . . . 1981. . 176. . 151—
- 154.
160. . . .  
// . 2008. . 10. . 120—
- 126.
161. . . .  
//  
. 1972. . 14. . 25—28.
162. . . . - .

- : , 1979. 263 .
163. . . //
- . 1952. 8. . 68—108.
164. . .
- (*Cyprinus carpio* L.). 1.
- // . 1973. . 13, . 1. . 119—127.
165. . .
- . :
- , 1973. 132 .
166. . . , . .
- . : , 2006. 360 .
167. . . , . .
- . : , 2008.
- 162 .
168. . . ,
- // . 1996.
- . 13, 3. . 322—329.
169. . .
- // -
- .
2013. . 14, 1—2. . 63—66.
170. . .
- // : IX
- . . . : , 2016. . 307—310.
171. . .
- // . 2013.
1. . 50—57.
172. . .
- //
- : . . - . . : . - ,

2015. . 67—68.

173. . . ,

//

. 2013.

2. . 70—75.

174. . .

//

. .

. 2013. . 15, 3(57), . 2. . 342—348.

175. . . , . .

//

. 2016.

. 18, 3. . 208.

176. . . , . .

//

. . . 2014. . 16,

2 (59), . 2. . 345—372.

177. A vertebrate fatty acid desaturase with Delta 5 and Delta 6 activities / Hastings N. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98, iss. 25. P. 14304—14309.

178. Abbass F. E. Effect of dietary oil sources and levels on growth, feed utilization and whole-body chemical composition of common carp, *Cyprinus carpio* L. Fingerlings // Journal of Fisheries and Aquatic Science. 2007. Vol. 2. . 140—148.

179. Abedi E., Sahari M. A. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties // Food Sci. Nutr. 2014. Vol. 2, iss. 5. P. 443—463.

180. Ackman R. G. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids // Comparative Biochemistry and Physiology. 1967. Vol. 22. P. 907—922.

181. Ackman R. G. Fatty acids in fish and shellfish. Fatty acids in foods and their health implications. New York : CRC Press, 2005. P. 155—186.

182. Ackman R. G. Freshwater fish lipids — an overlooked source of beneficial long-chain n-3 fatty acids // Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2002. Vol. 104. P. 253—254.

183. Ackman R. G. Gas liquid chromatography of fatty acids and esters //

Methods in enzymology. 1969. Vol. 14, 1. P. 329—381.

184. Ackman R. G., Hooper S. N. Branched-chain fatty acids of four fresh-water fish oils // *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1970. Vol. 32, iss. 1. P. 117—125.

185. Adaptations of lipid metabolism and food intake in response to low and high fat diets in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) / Li A. et al. // *Aquaculture*. 2016. Vol. 457. . 43—49.

186. Arthur J. R. The glutathione peroxidases // *Cell. Mol. Life Sci*. 2000. Vol. 57, 13–14. P. 1825—1835.

187. Babin P. J., Vernier J.-M. Plasma lipoproteins in fish // *Journal of Lipid Bearearch*. 1989. Vol. 30. P. 467—489.

188. Baker N., Lyne F. Factors involved in fatty Acyl CoA desaturation by fungal microsomes. The relative roles of Acyl CoA and phospholipids as substrates // *Eur. J. Biochem*. 1971. Vol. 19. P. 200—210.

189. Bandyopadhyay G. K., Dutta J., Ghosh S. Synthesis of diene prostaglandins in freshwater fish. *Lipids*. 1982. Vol. 17, iss. 10. . 755—758.

190. Bannister J. V., Bannister W. H., Rotilio G. Aspects of the structure, function, and applications of superoxide dismutas // *Critical Rewievs in Biochemistry*. 1987. Vol. 22, iss. 2. P. 111—180.

191. Bell J. G., Dick J. R., Sargent J. R. Effect of diets rich in linoleic or -linolenic acid on phospholipid fatty acid composition and eicosanoid production in atlantic salmon (*Salmo salar*) // *Lipids*. 1993. Vol. 28, iss. 9. P. 819—826.

192. Beyersmann D. Homeostasis and cellular functions of zinc // *Materialwiss. Werksttech*. 2002. Vol. 33. . 764—769.

193. Blood lipids in Antarctic and in temperate-water fish species / Palmerini C. A. et al. // *J. Membr. Biol*. 2009. Vol. 230, iss. 3. P. 125—131.

194. Brucka-Jastrzebska E., Kawczuga D. Antioxidant status and lipid peroxidation in blood of common carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Polisch J. of Environ. Stud*. 2011. Vol. 20, 3. P. 541—550.

195. Buzzi M., Henderson R. J., Sargent J. R. The biosynthesis of

docosahexaenoic acid 22:6 (n-3) from linolenic acid in primary hepatocytes isolated from wild northern pike // *J. Fish Biol.* 1997. Vol. 51. P. 1197—1208.

196. Buzzi M., Henderson R. J., Sargent J. R. The desaturation and elongation of linolenic acid and eicosapentaenoic acid by hepatocytes and liver microsomes from rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) fed diets containing fish oil or olive oil // *Biochem. Biophys. Acta.* 1996. Vol. 1299. P. 235—244.

197. Candela C. G., Lopez L. M. B., Kohen V. L. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations // *Nutr Hosp.* 2011. Vol. 26, iss. 2. . 323—329.

198. Characterization and comparison of fatty acyl Delta6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species / Zheng X. et al. // *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 2004. Vol. 139, iss. 2. P. 269—279.

199. Chesters J. K. Trace element-gene interactions // *Nutr. Rev.* 1992. Vol. 50. P. 217—223.

200. Church D. C., Pond W.G. Basic animal nutrition and breeding. 3rd ed. New York : John Wiley and Sons, 1988. P. 181—210.

201. Chvalová D., Špička J. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and 3/ 6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beyşehir Lake (Turkey) // *Food Chemistry.* 2008. Vol. 108, iss. 2. P. 689—694.

202. Cıtil O. B., Kalyoncu L., Kahraman O. Fatty acid composition of the muscle lipids of five fish species in Iıkılı and Karacaören Dam Lake, Turkey // *Vet. Med. Int.* 2014. Vol. 2014. P. 1—5.

203. Clearwater S. J., Farag A. M., Meyer J. S. Bioavailability and toxicity of diet borne Copper and Zinc to fish // *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.* 2002. Vol. 132, 3. . 269—313.

204. Cloning and functional characterization of polyunsaturated fatty acid elongases of marine and freshwater teleost fish / Agaba M. K. et al. // *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Biochemistry and Molecular Biology.* 2005. Vol. 142. P. 342—352.

205. Coleman J. E. Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors,

and replication proteins // *Annu. Rev. Biochem.* 2002. Vol. 61. . 897—946.

206. Comparative antioxidant enzyme study in freshwater fishes. I. Distribution of superoxide dismutase, peroxide-decomposing enzymes and lipid peroxidation in herbivorous fishes / Radi A. A. et al. // *Acta Biol. Hung.* 1985. Vol. 36, 2. . 169—174.

207. Connor W. E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease // *Am. J. Clin. Nutr.* 2000. Vol. 71, iss. 1, Suppl. . 171S—175S.

208. Cook H. W., McMaster C. R. Fatty acid desaturation and chain elongation in eukaryotes // *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. 4th edn. Amsterdam : Elsevier, 2002. P. 181—204.

209. Copper bioavailability and metabolism : Amer. Chem. Soc. Symp., Apr. 9-14, 1989, Dallas : proceed. New York : Plenum press, 1989. Vol. XII. 307 p.

210. DeFilippis A. P., Sperling L. S. Understanding omega-3's // *Am. Heart J.* 2006. Vol. 151, iss. 3. . 564—570.

211. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and 3/ 6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey) / Guler G. et al. // *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108, iss. 2. P. 689—694.

212. DHA and EPA Content and Fatty Acid Profile of 39 Food Fishes from India / Mohanty B. P. et al. // *BioMed Research International*. 2016. Vol. 2016. P. 1—14.

213. Dhanapakiam P., Ramasamy V. K. Toxic effects of copper and zinc mixtures on some haematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio* (Linn.) // *J. Environ. Biol.* 2001. Vol. 22. P. 105—111.

214. Effect of altered copper metabolism induced by mottled alleles and diet on mouse tyrosinase / Holstein T. J. et al. // *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1979. Vol. 162. P. 22264—22268.

215. Effect of Tributyltin, Cadmium, and Their Combination on Physiological Responses in Juvenile Grass Carp / Mu W. N. et al. // *J. Aquat. Anim. Health*. 2016. Vol. 28, iss. 3. . 181—186.

216. Effect of waterborne zinc exposure on lipid deposition and metabolism in hepatopancreas and muscle of grass carp *Ctenopharyngodon idella* / Wei Hu et al. //



Fish Physiology and Biochemistry. 2016. Vol. 42, iss. 4. P. 1093—1105.

217. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile fancy carp, *Cyprinus carpio* var. Koi / Jin Choi et al. // International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering. 2015. Vol. 9, iss. 1. P. 31—37.

218. Effects of dietary vegetable oil on Atlantic salmon hepatocyte fatty acid desaturation and liver fatty acid compositions / Tocher D. R. et al. // Lipids. 2003. Vol. 38, iss. 7. P. 723—732.

219. Effects of seasonal variations on the fatty acid composition of total lipid, phospholipid and triacylglycerol in the dorsal muscle of mesopotamian catfish (*Silurus triostegus* Heckel, 1843) in Tigris River (Turkey) / Cengiz E. . et al. // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012. Vol. 12. . 33—39.

220. Effects of zinc deficiency and castration on fatty acid composition and desaturation in rats / Clejan S. et al. // Lipids. 1982. Vol. 17, iss. 3. P. 129—135.

221. El-Shattory Y. Review on fish phospholipids / Y. El-Shattory // Molecular Nutrition and Food Research. 1979. Vol. 23, iss. 2. P. 179—186.

222. Falfushynska H. I., Stolyar O. B. Function of metallothioneins in carp *Cyprinus carpio* from two field sites in Western Ukraine // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2009. Vol. 72, iss. 5. . 1425—1432.

223. Falfushynska H. I., Stolyar O. B. Responses of biochemical markers in carp *Cyprinus carpio* from two field sites in Western Ukraine // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2009. Vol. 72, iss. 3. . 729—736.

224. Farkas T., Csenger I. Biosynthesis of fatty acids by the carp, *Cyprinus carpio* L., in relation to environmental temperature // Lipids. 1976. Vol. 11, iss. 5. P. 401—407.

225. Fatty acid and cholesterol concentrations in usually consumed fish in Brazil / Scherr C. et al. // Arq. Bras. Cardiol. 2015. Vol. 104, iss. 2. P. 152—158.

226. Fatty acid pattern of tissue phospholipids in copper and iron deficiencies / Johnson S. B. et al. // Lipids. 1989. Vol. 24, iss. 2. P. 141—145.

227. Ferencz Á., Hermes E. Impact of acute Cd<sup>2+</sup> exposure on the antioxidant

defence systems in the skin and red blood cells of common carp (*Cyprinus carpio*) // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2015. Vol. 22, 9. . 6912—6919.

228. Fish nutrition. 3rd edn. / eds. J. E. Halver, R. W. Hardy. San Diego : Academic Press, 2002. 824 p.

229. Fitzpatrick F. A. Cyclooxygenase enzymes: regulation and function // Curr. Pharm. Des. 2004. Vol. 10, iss. 6. . 577—588.

230. Garrett R. H., Grisham C. M. Biochemistry. 4th edn. Brooks ; Cole : Cengage Learning, 2010. 851 p.

231. Gimenez M. S., Oliveros L. B., Gomez N. N. Nutritional deficiencies and phospholipid metabolism // Int. J. Mol. Sci. 2011. Vol. 12, iss. 4. . 2408—2433.

232. Glutathione dysregulation and the etiology and progression of human diseases / Ballatori N. et al. // Biol. Chem. 2009. Vol. 390, iss. 3. P. 191—214.

233. Godwin A., Prabhu H. R. Lipid peroxidation of fish oils // Indian Journal of Clinical Biochemistry. 2006. Vol. 21, iss. 1. P. 202—204.

234. Greene D. H. S., Selivonchick D. P. Lipid metabolism in fish // Progress in Lipid Research. 1987. Vol. 26, iss. 1. P. 53—85.

235. Gregory E. M., Fridovich I. Superoxide dismutases: properties, distribution, and functions // Trace Element Metabolism in Animals. Baltimore : University Park Press, 1974. P. 486—488.

236. Grosell M. Copper // Homeostasis and toxicology of essential metals. London ; Waltham ; San Diego : Academic Press, 2012. P. 53—133.

237. Gutierrez L. E., da Silva R. C. M. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil // Scientia Agricola. 1993. Vol. 50. P. 478—483.

238. Halliwell B., Gutteridge J. M. Oxygen toxicity, oxygen radicalis, transition metals and disease // Biochem. J. 1984. Vol. 292. P. 1—14.

239. Handling and storage procedures have variable effects on fatty acid content in fishes with different lipid quantities / Rudy M. D. et al. // PLoS One. 2016. Vol. 11, iss. 8. P. 1—19.

240. Handy D. E., Loscalzo J. Redox regulation of mitochondrial function // Antioxid. Redox. Signal. 2012. Vol. 16, iss. 11. P. 1323—1367.

241. Harper C. R., Jacobson T. A. The fats of life: the role of omega-3 fatty acids in the prevention of coronary heart disease // *Arch. Intern. Med.* 2001. Vol. 161, iss. 18. . 2185—2192.

242. Hazel J. R. Thermal adaptation in biological membranes: Is homeoviscous adaptation the explanation? // *Annual Review of Physiology.* 1995. Vol. 57. P. 19—42.

243. Heavy metals in the antropogenic cycle of elements / Jigau G. et al. // *Soil as World Heritage.* Dordrecht ; Heidelberg ; New York ; London : Springer, 2013. P. 61—68.

244. Henderson R. J. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids // *Arch. Tierernahr.* 1996. Vol. 49, iss. 1. P. 5—22.

245. Henderson R. J., Tochter D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish // *Progress in Lipid Research.* 1987. Vol. 26, iss. 4. P. 281—347.

246. Hepher B. Nutrition of pond fishes. Cambridge : Cambridge University Press, 1988. 388 p.

247. Highly unsaturated fatty acid synthesis in vertebrates: new insights with the cloning and characterization of a delta 6 desaturase of Atlantic salmon / Zheng X. et al. // *Lipids.* 2005. Vol. 40, iss. 1. P. 13—24.

248. Hogstrand C. Zinc // *Homeostasis and toxicology of essential metals.* London ; Waltham ; San Diego : Academic Press, 2012. P. 135—200.

249. Hogstrand C., Webb N., Wood C. M. Covariation in regulation of affinity for branchial zinc and calcium uptake in freshwater rainbow trout // *J. Exp. Biol.* 1998. Vol. 201. P. 1809—1815.

250. Changes of superoxide dismutase and catalase activities in crucian carp (*Carassius auratus*) exposed to copper and recovery response / Hongxia J. et al. // *Life Sci. J.* 2013. Vol. 10, iss. 1. . 3281—3288.

251. Ibarguren M., López D. J., Escribá P. V. The effect of natural and synthetic fatty acids on membrane structure, microdomain organization, cellular functions and human health // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Biomembranes.* 2014. Vol. 1838, iss. 6. P. 1518—1528.

252. *In vitro* effects of selenium on copper-induced changes in lipid metabolism of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) hepatocytes / Zhu Q. L. et al. // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2014. Vol. 67, iss. 2. . 252—260.

253. *In vitro* exposure to copper influences lipid metabolism in hepatocytes from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) / Zhu Q. L. et al. // Fish Physiol. Biochem. 2014. Vol. 40, iss. 2. . 595—605.

254. Influence of dietary n-3 fatty acids on the desaturation and elongation of [1-14C] 18:2 n-6 and [1-14C] 18:3 n-3 in Atlantic salmon hepatocytes / Ruyter B. et al. // Fish Physiology and Biochemistry. 2000. Vol. 23. P. 151—158.

255. Inhamuns A. J., Franco M. R. B. EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia // Food Chemistry. 2008. Vol. 107, iss. 2. P. 587—591.

256. Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys / Matovi V. et al. // Food Chem Toxicol. 2015. Vol. 78. . 130—140.

257. Insights into the role of the unusual disulfide bond in copper-zinc superoxide dismutase / Sea K. et al. // J. Biol. Chem. 2015. Vol. 290, iss. 4. P. 2405—2418.

258. Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / Ljubojevic D. et al. // J. Food Compos. Anal. 2015. Vol. 37. P. 44—50.

259. Isolation and functional characterisation of a Fads2 in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with  $\Delta^5$  desaturase activity / Hamid N. K. et al. // PLoS One. 2016. Vol. 11, iss. 3. e0150770.

260. Ji H., Li J., Liu P. Regulation of growth performance and lipid metabolism by dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 2011. Vol. 159, iss. 1. . 49—56.

261. Kalyoncu L., Yaman Y., Aktumsek A. Seasonal changes on total fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L. ), in Vriza Dam Lake, Turkey // African J. Biotechnol. 2010. Vol. 9, iss. 25. P. 3896—3900.

262. Karaytug S., Sevgiler Y., Karayakar F. Comparison of the protective effects

of antioxidant compounds in the liver and kidney of Cd- and Cr-exposed common carp // *Environ. Toxicol.* 2014. Vol. 29, iss. 2. . 129—137.

263. Kayama M., Hirata M., Hisai T. Effect of water temperature on the desaturation of fatty acids in carp // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1986. Vol. 52, iss. 5. P. 853—857.

264. Killian J. A., van Meer G. The «double life» of membrane lipids // *EMBO Reports.* 2001. Vol. 21. P. 91—95.

265. Knothe G., Dunn R. O. A comprehensive evaluation of the melting points of fatty acids and esters determined by differential scanning calorimetry // *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 2009. Vol. 86. P. 843—856.

266. Kostetsky E. Y., Velansky P. V., Sanina N. M. Phase transitions of phospholipids as a criterion for assessing the capacity for thermal adaptation in fish // *Russian Journal of Marine Biology.* 2013. Vol. 39, iss. 3. P. 214—222.

267. Kudo N., Waku K. Cadmium suppresses delta 9 desaturase activity in rat hepatocytes // *Toxicology.* 1996. Vol. 114, iss. 2. P. 101—111.

268. Lall S. P. The minerals // *Fish nutrition.* 3-rd edn. San Diego : Academic Press, 2002. P. 259—308.

269. Lander H. M. An essential role for free radicals and derived species in signal transduction // *FASEB J.* 1997. Vol. 11, iss. 2. P. 118—124.

270. Lewis R. A., Austen K. F., Soberman R. J. Leukotrienes and other products of the 5-lipoxygenase pathway biochemistry and relation to pathobiology in human diseases // *N. Engl. J. Med.* 1990. Vol. 323. . 645—655.

271. Lewis R. J. Sr. *Hawley's condensed chemical dictionary.* 15th edn. New York ; Hoboken : Wiley, 2007. 1379 p.

272. *Lipids in Aquatic Ecosystems* / eds. M. T. Arts, M. T. Brett, M. J. Kainz. Dordrecht, The Netherlands : Springer, 2009. 380 p.

273. Losa D. A., Murata N. Membrane fluidity and its roles in the perception of environmental signals // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Biomembranes.* 2004. Vol. 1666, iss. 1–2. P. 142—157.

274. Mahboob S. Environmental pollution of heavy metals as a cause of oxidative

stress in fish: a review // Life Science Journ. 2013. Vol. 10(10s). P. 336—347.

275. Mallatt J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1985. Vol. 42. . 630—648.

276. Martines-Alvarez R. M., Morales A. E., Sanz A. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors // Rev. Fish Biol. 2005. Vol. 15, 1. P. 75—88.

277. Metabolism of fatty acids in fish. I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758 / Farkas T. et al. // Aquaculture. 1977. Vol. 11, iss. 2. . 147—157.

278. Metabolism of fatty acids in fish. II. Biosynthesis of fatty acids in relation to diet in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758 / Farkas T. et al. // Aquaculture. 1978. Vol. 14, iss. 1. . 57—65.

279. Metabolism of fatty acids in fish. III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 / Farkas T. et al. // Aquaculture. 1980. Vol. 20. P. 29—40.

280. Metal accumulation and oxidative stress biomarkers in liver of freshwater fish *Carassius auratus* following in vivo exposure to waterborne zinc under different pH values / Qu R. et al. // Aquat. Toxicol. 2014. Vol. 150. . 9—16.

281. Minghetti M., Leaver M. J., George S. G. Multiple Cu-ATPase genes are differentially expressed and transcriptionally regulated by Cu exposure in seabream, *Sparus aurata* // Aquatic Toxicology. 2010. Vol. 97. . 23—33.

282. Mohrhauer H., Holman R. T. Effect of linolenic acid upon the metabolism of linoleic acid // Journal of Nutrition. 1963. Vol. 84. P. 67—74.

283. Molecular and structural composition of phospholipid membranes in livers of marine and freshwater fish in relation to temperature / Dey I. et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1993. Vol. 90, iss. 16. P. 7498—7502.

284. Molecular Biology of the Cell. 6th edn. / Alberts B. et al. New York : Garland Science, 2014. 1464 p.

285. Molecular cloning and functional characterization of fatty acyl desaturase and elongase cDNAs involved in the production of eicosapentaenoic and

docosahexaenoic acids from alpha-linolenic acid in Atlantic salmon (*Salmo salar*) / Hastings N. et al. // Mar. Biotechnol. 2004. Vol. 6, iss. 5. P. 463—474.

286. Monroig O., Tocher D. R., Navarro J. C. Long-chain polyunsaturated fatty acids in fish: recent advances on desaturases and elongases involved in their biosynthesis // XI Int. Symp. Aquacult. Nutr., San Nicolás de los Garza, 23-25 Nov. 2011 : proceed. San Nicolás de los Garza, 2011. P. 257—282.

287. Mráz J., Pickova J. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle // Neuro Endocrinol Lett. 2011. Vol. 32, suppl. 2. . 3—8.

288. Mustranta A., Forssell P., Poutanen K. Comparison of lipases and phospholipases in the hydrolysis of phospholipids // Process Biochemistry. 1995. Vol. 30, iss. 5. . 393—401.

289. Natural and anthropogenic source of heavy metals pollution in the soil samples of an industrial complex; a case study / Roozbahani M. M. et al. // Iranian Journal of Toxicology. 2015. Vol. 9, . 29. P. 1334—1341.

290. Nutrition and feeding of fish. 2nd edn. / ed. Tom Lovell. Dordrecht : Springer-Science + Business-Media, 1998. 264 p.

291. Nutritional evaluation of seasonal changes in muscle fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) in Karamik Lake, Turkey / Bulut S. et al. // International Journal of Food Properties. 2012. Vol. 15, iss. 4. P. 717—724.

292. Okado-Matsumoto A., Fridovich I. Subcellular distribution of superoxide dismutases (SOD) in rat liver: Cu, Zn-SOD in mitochondria // J. Biol. Chem. 2001. Vol. 276, iss. 42. P. 38388—38393.

293. Omega 3 fatty acids in freshwater fish from South Brazil / Andrade A. D. et al. // J. Am. Oil Chem. Soc. 1995. Vol. 72, iss. 10. P. 1207—1210.

294. Organisms as polyphasic liquid crystals / Ho M.-W. et al. // Bioelectrochemistry and Bioenergetics. 1996. Vol. 41, iss. 1. P. 81—91.

295. Oxidative stress and antioxidant defenses in goldfish *Carassius auratus* during anoxia and reoxygenation / Lushchak V. I. et al. // Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol. 2001. Vol. 280. P. 100—107.

296. Papatryphon E. Growth and mineral absorption by striped Bass (*Morone saxatilis*) fed a plant feedstuff based diet supplemented with phytase // J. World Aquacult. Soc. 1999. Vol. 30, 2. P. 161—173.

297. Plasma phospholipid omega-3 fatty acids and freshwater fish consumption in the Brazilian Amazon / Philibert A. et al. // Food and Nutrition Sciences. 2013. Vol. 4. P. 137—149.

298. Polyunsaturated fatty acids in plasma lipids of obese children with and without metabolic cardiovascular syndrome / Decsi T. et al. // Lipids. 2000. 35. . 1179—1184.

299. Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids / Mosa K. A. et al. // Front Plant Sci. 2016. Vol. 7. . 303.

300. Prosthetic group as non polypeptide biocatalyst essential for biochemical chemistry / Patel T. S. et al. // European J. Pharmac. Med. Res. 2016. Vol. 3, iss. 2. P. 385—391.

301. Radi A. A., Hai D. Q., Matkovics B. Comparative antioxidant enzyme study in freshwater fishes. II. Distribution of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in omnivorous fish organs // Acta Biol. Hung. 1986. Vol. 37, iss. 2. . 135—141.

302. Radi A. A., Matkovics B. Effects of metal ions on the antioxidant enzyme activities, protein contents and lipid peroxidation of carp tissues // Comp. Biochem. Physiol. C. 1988. Vol. 90, iss. 1. . 69—72.

303. Rahm J. J., Holman R.T. Effect of linoleic acid upon the metabolism of linolenic acid // Journal of Nutrition. 1964. Vol. 84. P. 15—19.

304. Rai P. K. Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach // Int. J. Phytoremediation. 2008. Vol. 10, iss. 2. . 131—158.

305. Ratnayake W. M., Olsson B., Ackman R.G. Novel branched-chain fatty acids in certain fish oils // Lipids. 1989. Vol. 24, iss. 7. P. 630—637.

306. Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids / Sprecher H. et al. // Journal of Lipid Research. 1995. Vol. 36. P. 2471—2477.

307. Requirement criteria for essential fatty acids / Sargent J. R. et al. // J. Appl.



Ichthyol. 1995. Vol. 11. P. 183—198.

308. Response of fish membranes to environmental temperature / Farkas T. et al. // Aquaculture Research. 2001. Vol. 32, iss. 8. P. 645—655.

309. Risk assessment and toxic effects of metal pollution in two cultured and wild fish species from highly degraded aquatic habitats / Omar W. A. et al. // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2013. Vol. 65, iss. 4. P. 753—764

310. Rivis Y., Yanovych N. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations // Acta Sci. Pol. Zootechnica. 2017. Vol. 16 (1). P. 23—30.

311. Rivis Y. F., Yanovych N. E. Peculiarities of non-etherified fatty acids content in carp gills at different concentration of copper and zinc in the water // . 2017. . 19, 1. . 93—99.

312. Ruggeri B., Thoroughgood C. A. Prostaglandins in aquatic fauna: a comprehensive review // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1985. Vol. 23. . 301—306.

313. Russell N. J. Mechanisms of Thermal Adaptation in Bacteria: Blueprints for Survival // Trends Biochem. Sci. 1984. Vol. 9. P. 108—112.

314. Ruyter B., Thomassen M. S. Metabolism of n-3 and n-6 fatty acids in Atlantic salmon liver: stimulation by essential fatty acid deficiency // Lipids. 1999. Vol. 34. P. 1167—1176.

315. Sargent J. R., Tocher D. R., Bell J. G. The Lipids // Fish Nutrition. 3rd edn. San Diego : Academic Press, 2002. P. 181—257.

316. Seasonal changes in the fillet fatty acid profile and nutritional characteristics of wild Trasimeno Lake goldfish (*Carassius auratus* L.) / Dal Bosco A. et al. // Food Chemistry. 2012. Vol. 132, iss. 2. P. 830—834.

317. Seasonal variations of fatty acid profile in different tissues of farmed bighead carp (*Aristichthys nobilis*) / Hong H. et al. // J. Food Sci. Technol. 2015. Vol. 52, iss. 2. P. 903—911.

318. Sevgiler Y., Karaytug S., Karayakar F. Antioxidative effects of N-acetylcysteine, lipoic acid, taurine, and curcumin in the muscle of *Cyprinus carpio* L. exposed to cadmium // Arh. Hig. Rada. Toksikol. 2011. Vol. 62, iss. 1. . 1—9.

319. Shenkin A. Micronutrients in health and diseases // Postgrad Med. J. 2006. Vol. 82 (971). P. 559—567.

320. Sheridan M. A. Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization // Comp. Biochem. Physiol. 1988. Vol. 90B, 4. P. 679—690.

321. Shukla N. P., Pandey G. N. Effect of heavy metals on fish — a review // Rev. Environ. Health. 1985. Vol. 5, iss. 1. P. 87—99.

322. Smith W. L., Marnett L. J., DeWitt D. L. Prostaglandin and thromboxane biosynthesis // Pharmacol Ther. 1991. Vol. 49, iss. 3. P. 153—179.

323. Sprecher H. An update on the pathways of polyunsaturated fatty acid metabolism // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. 1999. Vol. 2, 2. P. 135—138.

324. Sprecher H. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids // Biochimica Et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids. 2000. Vol. 1486. P. 219—231.

325. Stangl G. I., Kirchgessner M. Different degrees of moderate iron deficiency modulate lipid metabolism of rats // Lipids. 1998. Vol. 33, iss. 9. P. 889—895.

326. Swapna H. C. et al. Lipid classes and fatty acid profile of selected Indian fresh water fishes / Swapna H. C. et al. // J. Food Sci. Technol. 2010. Vol. 47, iss. 4. P. 394—400.

327. Tahin Q. S., Blum M., Carafoli E. The fatty acid composition of subcellular membranes of rat liver, heart, and brain: diet-induced modifications // Eur. J. Biochem. 1981. Vol. 121, iss. 1. P. 5—13.

328. Tekin-Ozan S., Kir I. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Bey ehir Lake (Turkey) // Environ. Monit. Assess. 2008. Vol. 138, iss. 1–3. P. 201—206.

329. The effect of seasonal variations on fatty acid composition of muscle tissues of yag fish and carp living in freshwater / Akköz C. et al. // Analytical Chemistry Letters. 2012. Vol. 2, iss. 2. P. 129—132.

330. The Physiology of fishes. 4th edn. / eds. Evans D. H., Claiborne J. B., Currie S. Boca Raton : CRC Press, 2014. 466 p.

331. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish / Tocher D. R. et al. // *Aquaculture*. 2008. Vol. 280, iss. 1–4. . 21—34.
332. The structural biochemistry of the superoxide dismutases / Perry J. J. P. et al. // *Biochim. Biophys. Acta*. 2010. Vol. 1804, iss. 2. P. 245—262.
333. The toxicity of copper to crucian carp (*Carassius carassius*) in soft water / Schjolden J. et al. // *Sci. Total Environ.* 2007. Vol. 384, iss. 1–3. . 239—251.
334. Tissue-specific fatty acids response to different diets in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / Böhm M. et al. // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, iss. 4. e94759.
335. Tocher D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in Teleost fish // *Reviews in Fisheries Science*. 2003. Vol. 11. P. 107—184.
336. Trace Elements — Their Distribution and Effects in the Environment / eds. B. Markert, K. Friese. Amsterdam : Elsevier, 2000. 580 p.
337. Turrens J. F. Mitochondrial formation of reactive oxygen species // *The Journal of Physiology*. 2003. Vol. 552, iss. 2. P. 335—344.
338. Two  $\Delta^6$ -desaturase-like genes in common carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): structure characterization, mRNA expression, temperature and nutritional regulation / Ren H. T. et al. // *Gene*. 2013. Vol. 525, iss. 1. . 11—17.
339. Unsaturated fatty acids: Nutritional and physiological significance: the report of the British Nutrition Foundation s task force. Dordrecht : Springer-Science + Business-Media, 1992. 180 p.
340. Vertebrate fatty acyl desaturase with  $\Delta^4$  activity / Li Y. et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2010. Vol. 107, iss. 39. P. 16840—16845.
341. Vilizzi L., Tarkan A. S. Bioaccumulation of metals in common carp (*Cyprinus carpio* L.) from water bodies of Anatolia (Turkey): a review with implications for fisheries and human food consumption // *Environ Monit Assess*. 2016. Vol. 188, iss. 4. . 243.
342. Vitamin E function and requirements in relation to PUFA / Raederstorff D. et al. // *Br. J. Nutr.* 2015. Vol. 114, iss. 8. . 1113—1122.
343. Watanabe N., Ustue O., Kobusaki J. Effect of dietary methyl linoleate and linoleate on growth carp // *Bull. Jap. Soc. Sci.* 1975. Vol. 41. P. 257—263.

344. Watanabe T., Kiron V., Satoh H. Trace minerals in fish nutrition // *Aquaculture*, 1997. Vol. 151, 1–4. P. 185—207.
345. Wertz P. W. Essential fatty acids and dietary stress // *Toxicol. Ind. Health*. 2009. Vol. 25, iss. 4–5. . 279—283.
346. Wills E. D. Effects of lipid peroxidation on membrane-bound enzymes of the endoplasmic reticulum // *Biochem J*. 1971. Vol. 123, iss. 5. P. 983—991.
347. Winston G. W. Oxidant and antioxidant in aquatic animals // *Comp. Biochem. Physiol. C*. 1991. Vol. 100, iss. 1–2. P. 173—176.
348. Wodtke E. Temperature adaptation of biological membranes. The effects of acclimation temperature on the unsaturation of the main neutral and charged phospholipids in mitochondrial membranes of the carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Biomembranes*. 1981. Vol. 640, iss. 3. P. 698—709.
349. Wojtkowska M., Bogacki J., Witeska A. Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments // *Sci. Total Environ*. 2016. Vol. 551–552. . 387—392.
350. Yanovych N. E., Rivis Y. F. Activity of antioxidant system and growth intensity in common carp after feeding diet with different contents of copper and zinc // . 2016. . 8, 2. . 160—165.
351. Yu T., Sinnhuber R. Effect of dietary linolenic and linoleic acids upon growth and lipid metabolism of rainbow trout // *Lipids*. 1975. Vol. 20. P. 63—66.
352. Zamocky M., Koller F. Understanding the structure and function of catalases: clues from molecular evolution and in vitro mutagenesis // *Progress in Biophysics & Molecular Biology*. 1999. Vol. 72. P. 19—66.
353. -6 desaturase substrate competition: dietary linoleic acid (18:2n-6) has only trivial effects on -linolenic acid (18:3n-3) bioconversion in the Teleost rainbow trout / Emery J. A. et al. // *PLoS One*. 2013. Vol. 8, iss. 2. e57463.





«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

ДН ДГ Львівської дослідної  
станції ІРГ НААН

Петрів В.Б.



« 19 » ЖОВТНЯ 2016


АКТ


**про здійснення виробничої перевірки науково-дослідної роботи  
«Активність антиоксидантних ензимів, вміст Купруму, Цинку, первинних і  
вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів, різних форм жирних кислот у  
тканинах і ріст коропа за різної концентрації згадуваних важких металів у  
комбікормі»**

Ми, що нижче підписались, комісія в складі завідувача лабораторії селекції Сярого Б.Г., завідувача лабораторії іхтіопатології Піруса Р.І., м.н.с. лабораторії іхтіопатології Солопової Х.Я., асистента кафедри водних біоресурсів та аквакультури ЛНУ ветеринарної медицини і технології імені С.З. Гжицького Янович Н.Є., склали даний акт про те, що з метою виконання виробничої перевірки наукової роботи 05 травня 2016 року у два стави Дослідного господарства ЛДС ІРГ НААН, № 24(12) площею 0,14 га, та № 24 (19) площею 0,16 га було посаджено дві групи однорічок українського коропа Любінського внутрішньопородного типу коропа з середньою масою – 50г з щільністю 1000 екз/га. З 29 червня 2016 року, протягом останніх 45 днів риbam згодовували комбікорм з добавками Купруму та Цинку у вигляді сульфатів в наступних пропорціях: у ставі № 24 (12) вміст елементів відповідно становив 8 і 100 x 10<sup>-3</sup>г/кг, у ставі № 24 (19) – вносили комбікорм без добавок.

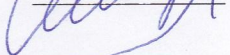
Через 45 днів згодовування експериментальних кормів риби у контрольному ставі №24 (19) збільшили свою масу у 10,3 разів до 565,0 ± 2,45 г, у ставі №24 (12) – у 12,4 рази – 671,0 ± 3,13г. Рибопродуктивність ставів становила 406,9 кг/га у ставі №24(19), і 509,2 кг/га у ставі №24(12). Таким чином на одну гривню затрат, пов'язаних з внесенням у комбікорми мікроелементів, отримано дві грн. прибутку за рахунок підвищення рибопродуктивності.

Підписи:

 Сярий Б.Г.

 Пірус Р.І.

 Солопова Х.Я.

 Янович Н.Є.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор  
ДП ДІ Львівської дослідної  
станції ІРГ НААНПетрів В.Б.  
« 20 жовтня 2017

АКТ

**впровадження науково-дослідної роботи**  
**«Активність антиоксидантних ензимів, вміст Купруму, Цинку, первинних і**  
**вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів, різних форм жирних кислот у**  
**тканинах і ріст коропа за різної концентрації згадуваних важких металів у**  
**комбікормі»**

Ми, що нижче підписались, комісія в складі завідувача лабораторії селекції Сярого Б.Г., завідувача лабораторії іхтіопатології Піруса Р.І., м.н.с. лабораторії іхтіопатології Солопової Х.Я., асистента кафедри водних біоресурсів та аквакультури ЛНУ ветеринарної медицини і технології імені С.З. Гжицького Янович Н.Є., склали даний акт про те, що з метою впровадження наукової роботи 31 травня 2017 року у два стави Дослідного господарства ЛДС ІРГ НААН, № 24(19) площею 0,18 га, та № 24(20) площею 0,19 га було посаджено дві групи однорічок українського коропа Любінського внутрішньопородного типу коропа з середньою масою – 35г з щільністю 1000 екз/га. З 29 червня 2017 року, протягом останніх 45 днів риbam згодовували комбікорм з добавками Купруму та Цинку у вигляді сульфатів в наступних пропорціях: у ставі №19 вміст елементів відповідно становив 8 і 100 x 10<sup>-3</sup>г/кг, у ставі №20 – 16 і 200 г x 10<sup>-3</sup>г/кг корму.

Через 45 днів згодовування експериментальних кормів риби у ставі № 24(19) збільшили свою масу у 17,7 разів до 655,0 ± 2,34 г, у ставі №24(20) – у 15,3 рази – 535,0 ± 4,43г. Рибопродуктивність ставів становила 502,2 кг/га у ставі №24(19), і 428,0 кг/га у ставі №24(20).

Підписи:

Сярий Б.Г.

Пірус Р.І.

Солопова Х.Я.

Янович Н.Є.