

微波加热对大麻哈鱼汤营养及感官品质的影响

梁昌谋, 石长波, 徐硕, 赵钜阳*

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要 研究了微波功率(240、480、720、960 W)与微波时间(20、40、60、80 min)对大麻哈鱼汤营养及感官品质的影响。通过测定水溶性蛋白质、游离氨基酸、固形物、色度、风味以及感官评价得出:当微热功率为720 W、微波时间为60 min时,大麻哈鱼汤具有较好的营养及感官品质,与传统工艺制得的鱼汤较为相近。在此条件下加热的大麻哈鱼汤香气浓郁、美味可口。

关键词 微波加热 大麻哈鱼汤 营养价值 感官品质

Effects of microwave heating on nutrition and sensory quality of *Oncorhynchus keta* soup

Zhao Juyang, Wang Men, Xu Menyue

Abstract: The effect of microwave power (240, 480, 720, 960 W) and microwave time (20, 40, 60, 80 min) on nutrition and sensory quality of *Oncorhynchus keta* soup were studied. Water-soluble protein, free amino acids, solids, color, flavor and sensory evaluation were measured, and it was obtained that when the micro-heat power was 720 W and the microwave time was 60 minutes, the *Oncorhynchus keta* soup had better nutrition and sensory quality, which was similar to the fish soup prepared by the traditional technology. The *Oncorhynchus keta* soup heated under this condition was rich in aroma and delicious.

Key words: microwave heating; *Oncorhynchus keta* soup; nutritional value; sensory quality

大麻哈鱼 (*Oncorhynchus keta*) 是重要的溯河洄游性鱼类, 每年秋季从太平洋洄游入河流, 广泛分布于白令海、北太平洋、鄂霍次克海、日本海及沿岸河流中, 在渔业经济中占有重要地位, 洄游至中国境内黑龙江水系的大麻哈鱼分为黑龙江和乌苏里江两个地方种群^[1]。大麻哈鱼水分含量较高、结缔组织比其它肉类少、肌纤维细嫩, 并且含有抵抗糖尿病、动脉硬化和促进神经和脑发育的 $\omega-3$ 长链多不饱和脂肪酸(n-3 PUFA)及其他脂肪酸^[2]。人类饮用汤的习俗由来已久, 汤不仅美味可口, 并且能滋补营养, 增进食欲^[3~5], 大麻哈鱼汤不仅味道鲜美, 并且营养价值丰富, 但传统的熬汤工艺往往耗时耗力, 而汤类的熬煮加热技术对于汤类成品质量又有着较大影响^[6]。

本文采用微波加热的方法替代传统熬汤工艺, 通过研究不同微波功率与微波时间对大麻哈鱼汤营养及感官品质的影响, 筛选出最佳微波加热参数, 在不影响鱼汤营养品质和感官品质的同时, 达到方便快捷的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验原料

大麻哈鱼、食用油、葱、姜、胡椒粉、酱油、料酒、食盐,购于哈尔滨学府凯德北京华联超市。

1.1.2 试验试剂

牛血清蛋白、硫酸铜、酒石酸钾钠、水合茚三酮、甘氨酸、碘酸钾、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、95%乙醇

溶液,国药集团化学有限公司。

1.2 仪器与设备

电子鼻ST-20140504211,上海昂申智能科技有限公司;

电子天平i2000,沈阳天平仪器有限公司;

紫外可见分光光度计UV-8000,上海元析仪器有限公司;

中国仪器仪表表学会

试验分析。

1.3.2.2 微波时间单因素试验

控制微波功率为 720W 不变，调整微波保沸时间为 20、40、60、80min，测定各指标，进行单因素试验分析。

1.3.3 测定指标

1.3.3.1 水溶性蛋白质含量

阿贝折射仪 2W AJ, 上海仪电物理光学仪器有限

中国仪器仪表表学会

水溶性蛋白含量测定参考李宏梁^[7]

中国仪器仪表表学会

(2010)的方

公司;

台式离心机TDL80-2B,上海安亭科学仪器厂

制造;

格兰仕微波炉G80F23CNP-Q1(W0),广东格

兰仕集团有限公司;

分光测色计CM-600d,日本柯尼卡美能达;

油温枪AS-D600A,香港恒高电子集团。

1.3 试验方法

1.3.1 大麻哈鱼汤制作工艺

(1)材料。

主料:大麻哈鱼100g。

辅料:精盐1.2g、白胡椒粉0.6g、葱段8g、生姜8g、料酒20g、酱油5g及植物油20g,水600g。

(2)工艺流程。

解冻大麻哈鱼,将鱼肉改刀切成条形,长4cm、宽1cm、厚1cm,加入料酒和酱油混合均匀。葱洗净后切段,生姜切成片。

传统烹饪工艺:把铁锅放置于旺火上,放入植物

法并做适当改动。准确称取10mg牛血清白蛋白加入蒸馏水定容至100mL，制成100mg/mL的牛血清蛋白标准液，在595nm波长下测量吸光度，并绘制标准曲线。取离心后的大麻哈鱼汤上清液1mL于595nm波长下测量吸光度，根据下式进行计算：

$$m = \frac{A \times V}{N} \times 100\%$$

N 为水溶性蛋白质含量%；

A表示标准曲线上的蛋白质浓度/mg·mL⁻¹；

V表示鱼汤体积；

m表示鱼肉的质量/g。

1.3.3.2 游离氨基酸

将鱼汤在5000r/min条件下离心10min。用移液枪取1mL上清液于比色管中，再加入pH5.8缓冲溶液，摇匀后加入茚三酮显色液1mL，吸取蒸馏水2mL，保持溶液的总体积为5mL。在568nm波长处测定其吸光度。以甘氨酸标准溶液绘制标准曲线，根据下式计算鱼汤中氨基酸含量。

油，待油烧热后加入大麻哈鱼，煎炸至两面变色后，

计算方法为: $A = \frac{c}{m \times 1000}$

中国仪器仪表学会

×100

加入水、葱段、姜片、盐和白胡椒粉。大火烧开后，
100℃下炖20min，控制温度为90℃加热50min。

微波加热: 将炒锅置于旺火上，放入植物油烧热后加入大麻哈鱼，煎炸至两面变色后盛出放入微波专用玻璃器皿中，倒入水、葱段、姜片、盐和白胡椒粉。放入微波炉中选择功率100%加热10min，煮沸后，按照实验设计选择功率和时间进行保沸加热，保沸加热是指在沸腾后继续进行加热。

1.3.2 微波加热单因素试验

1.3.2.1 微波功率单因素试验

控制微波保沸时间为40min不变，调整微波功率为240、480、720、960W，测定各指标，进行单因素

中国仪器仪表表学会

C为标准曲线上氨基酸浓度(mg/mL);

m为测定样品质量(g)。

1.3.3.3 固形物含量

固形物含量测定参照GB/T12143—2008饮料

通用分析方法^[8]。

1.3.3.4 色度

使用分光测色计对样品色度进行测定。

1.3.3.5 电子鼻风味测定

称取大麻哈鱼汤 5mL 置于样品瓶中。电子鼻参数设定: 检测时间 60s, 等待时间 10s, 气体流量 1L/min, 清洗时间120s。采用主成分分析(PCA)对检测结果进行分析。

中国仪器仪表表学网

1.3.3.6 感官评价

本试验感官评价小组由10名烹饪与营养教育专业的师生组成，其中男性5名，女性5名，采用感官评价方法对不同加热工艺的大麻哈鱼汤进行感官评定。根据色泽、香气、口感、滋味、总体可接受性五种评价指标进行评定，采用闻和品尝对样品进行打分，评定完一个样品后需漱口再进行下一个样品的评定。评分标准见表1。

表 1 大麻哈鱼汤感官评价标准

Table 1 Standard for sensory evaluation of keta soup

中国仪器仪表表学会

氨基酸有助于形成肉汤鲜美的滋味 [11]。由表2可知，水溶性蛋白质含量随微波功率的升高呈先升高后降低的趋势，且在微波功率为720W时，鱼汤中的水溶性蛋白质含量显著最高($p < 0.05$)，且与传统工艺烹饪制得的鱼汤无显著性差异($p \geq 0.05$)。在微波功率达到720W之前，微波功率的升高有利于可溶性蛋白质的溶出，而功率达到960W时出现下降的趋势，分析原因可能是功率过大，使汤中水分迅速蒸发减少，进而不利于蛋白质的溶出 [5]。游离氨基酸含量随微波功率的升高而逐渐升高，分析原因

是随着微波功率的增加，蛋白质会发生降解导

项目	评分依据	评分标准
色泽	汤汁呈乳黄色，汤色均匀，无沉淀物	8~10 [12, 13]
	汤汁较清澈，汤色均匀，无沉淀物	4~7
香气	鱼香味较浓厚，鲜味一般	4~7
	鱼香味较淡，鲜味一般	0~3 [14]
滋味	味道鲜美纯正，无腥味，鲜咸味适中	8~10
	汤味浓厚，但鲜味不足	4~7
口感	口感鲜美细腻，汤汁纯正，鱼肉质感好	8~10
	咸淡不均匀，鱼肉质感较差	4~7
可接受性	咸淡不均匀，无鲜味，鱼肉质感差	0~3
	可接受	8~10
	一般接受	4~7
	不接受	0~3

致游离氨基酸含量增加，但与传统工艺制得的鱼汤无显著性差异($p \geq 0.05$)，说明适当微波功率下对大麻哈鱼汤进行微波加热可替代传统加热工艺。固形物含量随微波功率的升高而显著升高 ($p < 0.05$)，这是因为高功率加热导致肉质松散，固形物溶出较多 [14]。

表2 微波功率对大麻哈鱼汤营养素的影响

Table 2 Effect of microwave power on nutrient of keta soup

处理	水溶性蛋白质	游离氨基酸	固形物
方法	质	/mg·g ⁻¹	/%
传统工艺	4.27±0.04 ^a	1.80±0.10 ^{ab}	2.43±0.04
微波功率	3.20±0.10 ^c	1.60±0.20 ^b	1.50±0.03
微波功率	3.59±0.03 ^b	2.00±0.44 ^{ab}	1.85±0.02
微波功率	4.21±0.09 ^a	2.10±0.26 ^{ab}	2.25±0.03
微波功率	3.76±0.03 ^b	2.40±0.10 ^a	3.00±0.02

1.4

数据处理

2.1.2 微波功率对大麻哈鱼汤色度的影响

鱼汤的颜色通过色差计测得数据可以看出。

* 表示颜色亮度, a^* 表示颜色红-绿值, b^* 表示颜

每组试验设置3个平行样品, 结果采用平均数 \pm SD表示。数据分析采用Statistix 8.1(分析软件St Paul, MN)软件包中Linear Models程序分析。

2 结果与分析

2.1 微波功率对大麻哈鱼汤营养及食用品质的影响

2.1.1 微波功率对大麻哈鱼汤营养素的影响

水溶性蛋白质与游离氨基酸是汤汁中的重要营养物质 [9]。有文献报道, 水溶性蛋白含量的升高有助于动物机体的消化吸收 [10], 而汤中的游离氨

中国仪器仪表杂志

L

色黄-蓝值。由表3可知，从低功率至中高功率，鱼汤颜色的明亮度呈增长趋势，且微波功率为720W时亮度值显著高于其他处理组($p < 0.05$)，而微波功率为960W时 L^* 数值较低，这是由于大功率加热使鱼汤中的固体物质增多，同时失水率增加，鱼汤颜色过于浓稠所以较暗。 a^* 的数值为负数说明该鱼汤颜色偏向绿色，且在微波功率为720W时，其 a^* 值与传统工艺无显著性差异($p \geq 0.05$)。 b^* 的数值为正数说明在黄蓝方向上该鱼汤的颜色偏向黄色。鱼汤熬制时选用中等微波功率得到汤

中国仪器仪表学会

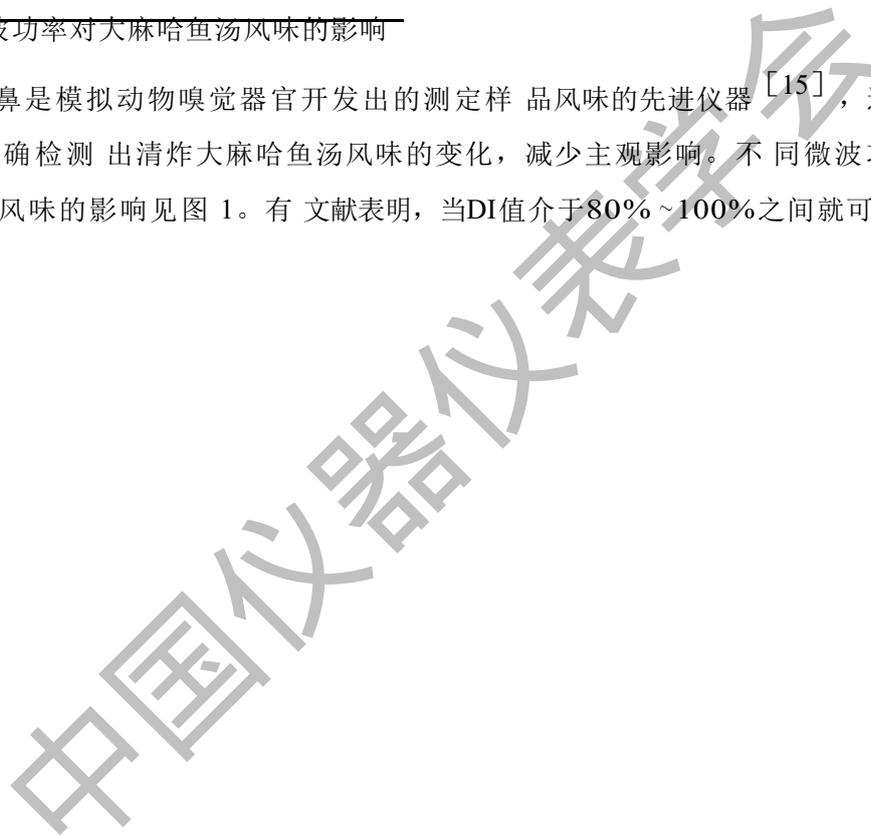
汁颜色较佳，这是因为功率过低时，汤汁滚沸程度较低，达不到剧烈振荡的效果，乳化作用较低，汤汁色泽较暗，功率过高时，汤汁失水率较大，同样也会影响鱼汤的乳化效果。

表 3 微波功率对大麻哈鱼汤色度的影响

处理方法	L*		a*	
b* 传统工艺	51.19±0.86 ^c	-0.37±0.01 ^c	9.33±0.20 ^b	
微波功率240W	54.61±1.17 ^b	-0.13±0.02 ^a	9.31±0.18 ^b	微波功率480W 56.62±0.61 ^a
b -0.32±0.02 ^b	9.57±0.07 ^{ab}	微波功率720W	57.72±0.36 ^a	-0.37±0.01 ^c 10.16±0.42 ^a
微波功率960W	51.29±0.72 ^c	-0.24±0.03 ^b	8.97±0.19 ^b	

2.1.3 微波功率对大麻哈鱼汤风味的影响

电子鼻是模拟动物嗅觉器官开发出的测定样品风味的先进仪器 [15]，通过电子鼻能够准确检测出清炸大麻哈鱼汤风味的变化，减少主观影响。不同微波功率对大麻哈鱼汤风味的影响见图 1。有文献表明，当DI值介于80%~100%之间就可以表



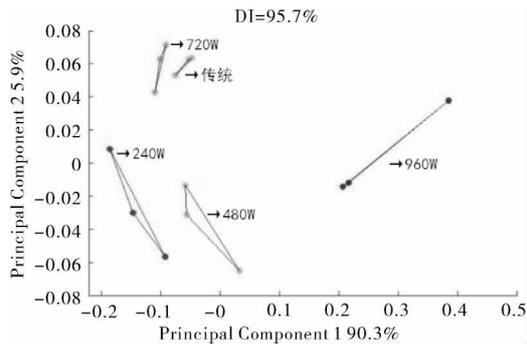


图 1 微波功率对大麻哈鱼汤风味的影响

Fig 1 Effect of microwave power on the flavor of keta soup

差异($p \geq 0.05$)。肉汤滋味形成与原料中蛋白质、核酸和多糖等物质有关,这些物质自身溶解性差,呈味性低,随着加热的进行,其中的蛋白质、糖类和核苷酸不断水解形成小分子物质,呈味性较好。

表 4 微波功率对大麻哈鱼汤感官品质的影响 Table 4 Effect of microwave power on sensory evaluation of keta soup

传统	微波			
指标				
工艺		240W	480W	720W
明实验处理组之间的风味能够用电子鼻区分开来 [16]。				

由图 1 可知判别指数 DI 为 95.7%, 介于 80%~100% 之间, 5 组大麻哈鱼汤风味可用电子鼻区分出来。第 1 主成分的贡献率为 90.3%, 第 2 主成分贡献率为 5.9%, 累积贡献率为 95.7%, 表明所提取信息能够反映原始数据的大部分信息。且主成分 1 的贡献率明显大于主成分 2, 表明不同微波功率下大麻哈鱼汤的风味差异主要由第 1 主成分决定。

对照组即传统工艺与微波功率 720W 组在横纵坐标轴均较为接近, 说明微波功率为 720W 时, 可以

色泽

滋味

香气

口感

总体可
接受性

中国仪器仪表学会

7.17±

0.16^a

6.88±

0.03^a

6.55±

0.05^a

7.50±

0.10^a

7.03±

0.08^a

中国仪器仪表学会

6.24±

0.13^c

6.42±

0.11^c

6.40±

0.10^a

6.51±

0.10^d

6.39±

0.04^c

中国仪器仪表学会

6.47±
0.14^{bc}

6.76±
0.06^{ab}

6.58±
0.09^a

6.88±
0.07^c

6.67±
0.05^b

中国仪器仪表学会

7.14±

0.15^a

6.60±

0.10^{ab}

6.63±

0.12^a

7.63±

0.14^a

7.00±

0.05^a

中国仪器仪表学会

6.69±

0.18^b

6.54±

0.06^{bc}

6.09±

0.10^b

7.15±

0.05^b

6.65±

0.02^b

得到与传统工艺风味组成较为相近的鱼汤。

2.1.4 微波功率对大麻哈鱼汤感官品质的影响

由表4可知，在240W和960W功率下制得的鱼汤感官品质不佳，在240W时功率过低，使得鱼汤的香味物质不能很好的溶出，影响鱼汤的色泽、香气和滋味；960W时功率过高，会导致炖煮汤的温度增加过快，破坏分子间肽链的排列，降低蛋白质的溶解度。功率为720W时感官评价得分显著高于其他处理组($p < 0.05$)，且与传统工艺烹制的鱼汤无显著性

2.2 微波时间对大麻哈鱼汤营养及食用品质的影响

2.2.1 微波时间对大麻哈鱼汤营养素的影响

由表5可知，水溶性蛋白质含量随微波时间的增加呈显著升高的趋势($p < 0.05$)，因为在适宜温度下长时间加热有利于肌肉组织中水溶性蛋白的溶出。游离氨基酸含量随微波功率的升高而逐渐升高，原因是随着微波时间的增加，蛋白质会发生降解导致游离氨基酸含量增加。加热时间为80min时游离氨基酸含量显著高于传统工艺制得的鱼

中国仪器仪表表学会

中国仪器仪表学会

汤($p < 0.05$)，有研究表明，微波加热制得汤汁中游离氨基酸含量高于水煮等传统加热方法 [17]。固形物含量随微波功率的升高而显著升高($p < 0.05$)，这是因为长时间加热使固形物溶出较多 [13]。

表 5 微波时间对大麻哈鱼汤营养素的影响

Table 5 Effect of microwave time on nutrient of keta soup

处理	水溶性蛋白	游离氨基酸	固形物
	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	%
传统工艺	4.27±0.04 ^c	1.80±0.10 ^b	2.43±0.06 ^b
微波时间20min	3.7	1.90±0.10 ^b	1.25±0.01 ^d
微波时间40min	4.2	2.10±0.26 ^{ab}	2.25±0.05 ^c
微波时间60min	4.8	2.50±0.30 ^a	2.50±0.20 ^b
微波时间80min	5.8	2.53±0.15 ^a	3.20±0.03 ^a

2.2.2 微波时间对大麻哈鱼汤色度的影响

由表6可知，不同微波加热时间下鱼汤的颜色有明显变化，随着煮沸时间的增加，鱼汤颜色先逐渐变明亮后变暗，这是由于烹饪时间过长，会导致水分的流失，固体溶出物增多使得汤汁更加浓稠，颜色品质会有所下降。微波时间为40min时与传统工艺的鱼汤颜色无显著性差异($p \geq 0.05$)。鱼汤的色泽与熬煮的时间有一定的相关性，熬煮时间越长，鱼汤色度值越高。

表 6 微波时间对大麻哈鱼汤色度的影响

Table 6 Effect of microwave time on color of keta soup

处理方法	L*	a*	b*
------	----	----	----

为40min、微波功率为720W时，可以得到与传统工艺风味组成较为相近的鱼汤，加热时间为80min时在横纵坐标轴上均距离较远，说明加热时间过长，固体溶出物和风味物质增多，表现出风味的明显差异。判别指数DI为96.0%，介于80%~100%之间，5组大麻哈鱼汤风味可用电子鼻区分出来。

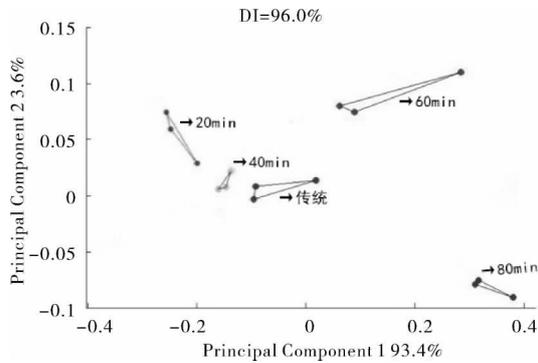


图2 微波时间对大麻哈鱼汤风味的影响

Fig2 Effect of microwave time on the flavor of keta soup

2.2.4 微波时间对大麻哈鱼汤感官品质的影响

由表7可知，微波加热时间对鱼汤的色泽、滋味、香气和口感均有明显影响，其中对色泽、滋味和香气尤为显著，在60min内随着时间的延长，鱼汤的感官品质随之提升，可能是由于随着时间的延长水溶性蛋白质、呈味氨基酸和脂肪等物质含量变化的原因造成的。

表7 微波时间对大麻哈鱼汤感官品质的影响

Table7 Effect of microwave time on sensory evaluation of keta soup

传统工艺	51.19±0.86 ^b	-0.37±0.01 ^{ab}	9.33±0.20 ^a				
传统							微波
微波时间20min	50.72±0.25 ^b	-0.40±0.03 ^b	8.39±0.50 ^b	20min	40min	60min	80min
				7.22 ±	6.40 ±	7.09 ±	7.20 ±
				6.47 ±			
微波时间40min	56.83±0.41 ^a	-0.33±0.02 ^a	9.41±0.13 ^a	微波时间60min	51.33±0.87 ^b	0.10 ^b	
				6.91 ±	6.22 ±	6.58 ±	6.88 ±
				0.47 ±	0.01 ^c	9.06±0.06 ^{ab}	7.66 ±
微波时间80min	47.91±0.85 ^c						

2.2.3 微波时间对大麻哈鱼汤风味的影响

由图2可知，第1主成分的贡献率为93.4%，第2主成分贡献率为3.6%，累积贡献率为96.0%，表明所提取信息能够反映原始数据的大部分信息。且主成分1的贡献率明显大于主成分2，表明不同微波时间下大麻哈鱼汤的风味差异主要由第1主成分决定。对照组即传统工艺与微波时间40min、功率720W组在横纵坐标轴均较为接近，说明当微波时间

滋味

0.06^b

香气

6.60[±]

0.11^b

口感	7.43 ± 0.06 ^b	6.80 ± 0.10 ^c	7.68 ± 0.10 ^a	7.84 ± 0.05 ^a	7.79 ± 0.03 ^a
总体可 接受性	7.04 ± 0.07 ^b	6.39 ± 0.03 ^a	6.95 ± 0.09 ^b	7.12 ± 0.07 ^b	7.36 ± 0.06 ^a

中国仪器仪表表学

0.15^d

6.11[±]

0.17^c

中国仪器仪表学会

0.10^c

6.44[±]

0.12^b

中国仪器仪表学会

0.09^b

6.69[±]

0.09^b

中国仪器仪表学会

0.08^a

7.50[±]

0.10^a

中国仪器仪表学会

保沸加热的时间越长，汤汁也会更加浓稠，汤汁呈淡乳黄色，这是因为熬制过程中，大麻哈鱼脂肪和肌肉组织中的蛋白质溶出，卵磷脂、明胶分子和某些蛋白质作为乳化剂，形成了水包油形的乳化液。微波功率720W、微波时间40min的分值也更加接近于传统方法制作的鱼汤。滋味物质的产生和形成是一个缓慢的过程，因此汤通常需要长时间加热，但加热时间不能无控制的延长。较长时间的加热虽能达到煲汤的滋味物质形成，但同时需要对加热时间进行控制，在保证感官品质的同时以求经济高效。

3 结论

大麻哈鱼是黑龙江省特色水产品，随着餐饮业的快速发展，大麻哈鱼汤逐渐出现在餐桌上。科技的进步使得烹制鱼汤的工艺越来越多，本文基于大麻哈鱼汤的传统制作工艺，研究微波加热对大麻哈鱼汤的影响，试验结果表明，微波加热有利于鱼汤营养物质的溶出和鲜美风味的形成，通过测定不同微波参数下加热大麻哈鱼汤的水溶性蛋白质含量、游离氨基酸含量、固形物、色度、感官评价以及电子鼻风味分析，得到实验结果：微波功率100%煮沸后，功率720W进行保沸加热40min可达到最佳煲汤效果，并且与传统工艺加热70min的鱼汤具有相似的营养品质和感官品质。微波加热缩短了烹制时间，更加方便快捷，为经济、高效、营养并不失美味的煲汤技术提供参考。

参考文献

- 1 JIN P C , DA J S , CHONG Z D , et al. Genetic analysis of four wild Chum salmon *Oncorhynchus keta* populations in China based on microsatellite markers [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2005, 73: 181-188
- 2 张士康. 传统汤文化与现代技术融合研究 [D]. 无锡: 江南大学博士学位论文, 2010.
- 3 TACON A G J, METIAN M. *Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food*

- Supply [J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2013, 21 (1):22-38
- 4 陆路, 金振涛, 马勇等. 中华传统肉食煲汤的基本营养成分 [J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(1):187-190
 - 5 韩忠, 石睿, 梁晗妮等. 微波煲汤对黄芪炖鸡品质的影响 [J]. *现代食品科技*, 2019, 35(5):75-80, 267
 - 6 李越, 杨铭铎. 烹调中制汤工艺及其研究进展 [J]. *四川旅游学院学报*, 2019, (2):18-22
 - 7 李宏梁, 丁慧, 郭文等. 双缩脲法和凯氏定氮法测定牛乳中酪蛋白质量分数的比较 [J]. *食品科技*, 2010, 35(8):229-231
 - 8 GB/T12143-2008 饮料通用分析方法 [S].
 - 9 蒋静. 电磁加热模式对鲫鱼汤营养素释放的影响 [D]. 武汉:华中农业大学硕士学位论文, 2016.
 - 10 陈悦娇, 刘嘉玲, 曾晓房等. 煲汤过程蛹虫草功能成分的溶出规律探讨 [J]. *食品科技*, 2017, 42(4):73-77
 - 11 CAMBEROM I, SEUSS I, HONIKEL K O. Flavor compounds of beef broth as affected by cooking temperature [J]. *Journal of Food Science*, 1992, 57(6):1285-1290
 - 12 姜慧娴, 张瑞娟, 焦阳等. 加热方式对南美白对虾和南极磷虾虾肉糜中的游离氨基酸含量的影响 [J]. *食品工业科技*, 2019, 40(11), 241-248
 - 13 Mesias m, wagner m, george s, et al. Impact of conventional sterilization and ohmic heating on the amino acid profile in vegetable baby foods [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016, 34:24-28
 - 14 瞿明勇. 排骨汤和鸡汤的烹制工艺及营养特性 [D]. 武汉:华中农业大学硕士学位论文, 2008.
 - 15 王伟静, 张松山, 谢鹏等. 电子鼻和电子舌快速检测炖制下牛肉的品质 [J]. *食品研究与开发*, 2017, 38 (17):124-128
 - 16 刘树萍. 基于电子鼻分析熬制工艺对茶树菇菌汤风味的影响 [J]. *中国调味品*, 2018, 43(4):144-147
 - 17 Li q, zhang h h, claver i p, et al. Effect of different cooking methods on the flavour constituents of mushroom (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing) soup [J]. *International Journal of Food Science and Technology* 2011, 46(5):1100-1108
- (收稿日期 2019-12-16)