



食品与发酵工业  
*Food and Fermentation Industries*  
ISSN 0253-990X, CN 11-1802/TS

## 《食品与发酵工业》网络首发论文

题目：不同解冻及加工方式对植物基培根的品质影响研究  
作者：王馨怡，徐远芳，刘悦，杜童申，沈存宽，颜金鑫，杨留明，杨华  
DOI：10.13995/j.cnki.11-1802/ts.036499  
收稿日期：2023-06-16  
网络首发日期：2023-08-16  
引用格式：王馨怡，徐远芳，刘悦，杜童申，沈存宽，颜金鑫，杨留明，杨华. 不同解冻及加工方式对植物基培根的品质影响研究[J/OL]. 食品与发酵工业. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.036499>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 不同解冻及加工方式对植物基培根的品质影响研究

王馨怡, 徐远芳, 刘悦, 杜童申, 沈存宽, 颜金鑫, 杨留明<sup>✉</sup>, 杨华<sup>✉</sup>

(浙江万里学院生物与环境学院, 浙江 宁波, 315100)

\*通信作者 杨留明.教授和杨华.教授为共同通信作者, E-mail: 615299327@qq.com; 24825973@qq.com

**摘要** 该研究对大豆植物基培根在不同的解冻(流水、静水、微波、常温解冻)和加工方式(蒸制、烤制、煎制)处理后的营养和品质变化及其影响进行了分析和研究。结果表明,在解冻方式中,微波解冻对植物基培根品质影响最大,其解冻后的样品脂肪含量(1.43%)显著高于其他组,亮度  $L^*$  值(31.78)和黄蓝  $b^*$  值(15.69)显著低于其他组,且微观结构与其他组差异较大,呈无序多孔状。在加工方式中,蒸制对植物基培根的影响程度最小,煎制与烤制对植物基培根的营养成分和质构影响较大,蒸制处理后的样品水分活度(68.09%)显著高于其他组,蛋白质含量(2.75%)显著低于其他组,其硬度、弹性和咀嚼性均与其他组形成显著性差异。该研究内容可以为后续植物基培根的生产加工提供建议。

**关键词** 植物基培根; 植物蛋白; 加工方式; 解冻方式

DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.036499

## Effects of different thawing and processing methods on quality of plant-based bacon

WANG Xinyi, XU Yuanfang, LIU Yue, DU Tongshen, SHEN Cunkuan, YAN Jinxin, YANG Liuming<sup>✉</sup>, YANG Hua<sup>✉</sup>

(College of Biological & Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

**Abstract** The nutritional and quality changes of soybean plant-based bacon were analyzed and studied under various thawing methods (running water, still water, microwave, and room temperature) and processing methods (steam, roast, and fry) were examined and analyzed in this study. Results showed that microwave thawing exerted the greatest influence on the quality of plant-based bacon among the thawing methods. Specially, the fat content of the samples under microwave thawing (1.43%) was significantly higher than those of other methods,  $L^*$  value (31.78) and  $b^*$  value (15.69) were significantly lower than those of the other groups. Furthermore, the microstructure was obviously different from that of the other groups, exhibiting a disordered and porous appearance. With respect to the processing methods, steam displayed less impact on plant-based bacon, while roast and fry significantly impacted its nutritional content and textural properties. The water activity of samples after steam treatment (68.09%) was significantly higher than that of the other groups, and its protein content (2.75%) was significantly lower than that of the other groups. Additionally, its hardness, elasticity, and chewiness demonstrated considerable differences compared to those of the other groups. The result of this study can provide suggestions for the production and processing of plant-based bacon in future times.

**Key words** plant-based bacon; plant protein; processing method; thawing method

植物基肉制品是以植物原料或其加工品作为蛋白质、脂肪的唯一或主要来源,添加或不添加其他配料、食品添加剂(含营养强化剂),经加工制成的具有类似动物肉制品风味、质构和形态的食品<sup>[1]</sup>。植物基肉制品富含优质蛋白质、维生素和矿物质,其所含脂肪多为不饱和脂肪且不含胆固醇,同时植物基肉制品的生产较传统动物肉相比更为环保节能<sup>[2-3]</sup>,是未来绿色健康食品开发的新热点。

收稿日期: 2023-06-16

基金项目: 浙江省重点研发计划(2020C02042); 宁波市公益项目(202002N3085; 2021S046; 202002N3114); 鄞州区农业科技项目(2015-96号)

作者简介: 王馨怡,硕士研究生

网络首发时间: 2023-08-16 14:53:12 网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.1802.TS.20230816.1337.001>

目前,食品加工中常见的解冻方式主要包括静水恒温解冻、流水解冻、常温解冻、微波解冻、冷藏解冻等。不同的解冻方式对食品品质的形成也具有不同的影响,如常海军等<sup>[4]</sup>以4种不同解冻方式(自然、静水、微波、低温)对猪肉品质特性的影响研究表明,静水解冻和微波解冻能较好地保持解冻猪肉的品质;张树峰等<sup>[5]</sup>研究了5种不同解冻方法(常温、静水、微波、低温、超声波)对脆肉鲩鱼肉质的影响,结果表明静水解冻可以更好的保持鱼肉的持水性及色泽,对鱼肉微观结构影响较小。

此外,近几年来也有很多研究学者对于植物基肉制品的不同加工工艺进行实验与研究,赵知薇<sup>[6]</sup>对素肉饼的蒸煮工艺进行了实验,发现蒸煮有利于提高素肉饼的硬度、弹性和咀嚼度,减小解冻损失。段汝浩<sup>[7]</sup>在对大豆组织蛋白肉的加工工艺的研究中也提出大豆组织蛋白肉可以像肉类一样烹调,切成丝或者片进行油炸、红烧等,能够得到与肉类相同的色香味<sup>[8]</sup>。

目前以植物基肉制品为解冻对象的研究较少,基于此,本研究以植物基培根为原料,对其在不同的解冻(流水、静水、微波、常温解冻)和加工方式(蒸制、烤制、煎制)处理后的营养和产品品质变化和影响进行分析和研究,为植物基培根在后期的生产提供一定的理论指导和现实依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与仪器

植物基培根,宁波市素莲食品有限公司。根据其用量进行平均分配、装袋并放入 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱内冻存待用。

仪器和设备:TMS-PRO型物性分析仪,美国FTC公司;DHS16-A型烘干法水分测试仪,上海精科天美科学仪器有限公司;Soxtec 2050型索氏浸提装置(脂肪分析仪),福斯华(北京)科贸有限公司;Regulus-8230型扫描电镜,日本Hitachi公司;CR-400型色差仪,柯尼卡美能达投资公司;KDN-08C(04C)型凯氏定氮仪,上海历辰邦西仪器科技有限公司;XTG-5200型消化炉,上海祎鸿分析仪器有限公司;T1-108B型烤箱,广东美的生活电器制造有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 不同解冻方式

(1)流水解冻:将冷冻植物基培根样品置于流水( $20\pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 下进行解冻,并保持流速恒定。(2)静水解冻:将冷冻植物基培根样品置于恒定且没过于样品的水( $20\pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 中进行解冻。(3)常温解冻:将冷冻植物基培根样品置于( $20\pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的室温下解冻。(4)微波解冻:将冷冻植物基培根样品用保鲜膜装好后放入微波炉中进行解冻。以上解冻方式均以植物基培根中心温度达到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为解冻终点。

#### 1.2.2 不同加工方式

将冷冻植物基培根经常温解冻后采用以下3种不同方式进行加工处理:(1)蒸制:将5g植物基培根样品置于带孔不锈钢蒸盘,待水沸腾后蒸制6min。(2)煎制:加入金龙鱼精炼大豆油5mL,将植物基培根样品在( $200\pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 下煎制6min,煎至处理时间一半时翻面1次。(3)烤制:将植物基培根样品在( $200\pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 下烤制6min,烤至处理时间一半时翻面1次。

#### 1.2.3 质构测定

将样品加工成边长3cm、厚度1.5cm的正方体块。测定探头:P/25探头;测定参数:应变力0.1N,测定速度60mm/min,形变量50%。于室温下完成测定。

#### 1.2.4 凯氏定氮法

参照GB/T 5511—2008/ISO20483:2006《谷物和豆类氮含量测定和粗蛋白含量计算(凯氏法)》进行测定。

#### 1.2.5 索氏抽提法

参照GB/T 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》进行脂肪测定。

### 1.2.6 水分活度测定法

参照 GB 5009.238—2016《食品水分活度的测定》利用水分活度测定仪进行测定。

### 1.2.7 扫描电镜 (scanning electron microscopy, SEM) 分析

将不同解冻方式解冻后的 2 g 植物基培根样品先进行脱脂处理, 石油醚 15 mL 浸泡处理洗涤 3 次, 每次 15 min, 每次洗涤后自然干燥 30 min。脱脂后将样品进行冷冻干燥。将处理好的样品部分表面及断面作为观察对象, 使用 SEM 对样品进行拍照, 观察样品形貌。放大倍数为 100、800、1 000。

### 1.2.8 数据统计与分析

初步数据处理是通过运用 Excel 来进行, 之后采用 IBM SPSS Statistics 26 进行数据差异显著性分析, 数据表示为平均值±标准偏差, 存在显著性差异的标准是  $P < 0.05$ , 所用数据进行 3 次以上独立实验, 每次实验不低于 5 个平行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同解冻方式对于植物基培根营养成分及品质的影响

#### 2.1.1 不同解冻方式对于植物基培根营养成分的影响

表1不同解冻方式对植物基培根营养成分的影响  
Table 1 Effects of different thawing methods on nutrient composition of plant-based bacon

试验号	水分活度/%	脂肪含量/%	蛋白质含量(湿基)/%
新鲜植物基培根	66.75±2.00 <sup>a</sup>	1.00±0.025 <sup>b</sup>	3.50±0.09 <sup>a</sup>
静水恒温	69.88±2.83 <sup>a</sup>	0.76±0.03 <sup>bc</sup>	3.33±0.29 <sup>a</sup>
流水解冻	69.63±2.29 <sup>a</sup>	0.89±0.05 <sup>b</sup>	3.30±0.16 <sup>a</sup>
常温解冻	69.49±4.17 <sup>a</sup>	0.52±0.22 <sup>c</sup>	3.47±0.40 <sup>a</sup>
微波解冻	72.28±2.67 <sup>a</sup>	1.43±0.25 <sup>a</sup>	3.11±0.28 <sup>a</sup>

注: 同列不同字母表示不同解冻方式存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ) (下同)。

不同解冻方式处理下植物基培根的营养成分含量的变化如表 1 所示。水分活度 (water activity,  $A_w$ ) 是影响植物基培根品质和食用特性的重要因素。所有的样品水分活度未见显著性差异, 除微波解冻处理后样品的水分活度为 72.28%, 略高于其他 3 种解冻方式下的样品 (平均为 69.5%左右), 说明不同解冻方式对植物基培根的水分活度影响较小。

脂肪中的不饱和脂肪酸对人体健康有着重要作用, 并且在解冻过程中容易发生水解和氧化, 引起植物基培根发生风味劣变。微波解冻后植物基培根的脂肪含量为 1.43%, 均显著高于其他 3 种解冻方式以及新鲜植物基培根, 其中常温解冻后的植物基培根的脂肪含量最低, 仅为 0.52%。其原因可能是由于微波引起分子振动而增加内能, 且物质结构比较松散, 有利于脂肪溶出<sup>[9]</sup>。

蛋白质含量的变化可以反映出植物基培根解冻后蛋白质的损失情况。由上表可得, 不同解冻方式处理后的样品蛋白质含量均在 3.30%左右, 与新鲜植物基培根均不存在显著性差异。说明不同解冻方式对植物基培根的蛋白质含量影响较小。但微波解冻处理后的样品蛋白质含量最低, 为 3.11%, 原因可能是因为微波解冻温度较高, 引起蛋白质羰基和疏水基团数目增加, 蛋白质结构被破坏, 蛋白质间发生交联, 使溶解度降低。

#### 2.1.2 不同解冻方式对于植物基培根色差的影响

表2不同解冻方式对植物基培根色差的影响  
Table 2 Effects of different thawing methods on color difference of plant-based bacon

解冻方式	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值
新鲜植物基培根	46.13±1.38 <sup>a</sup>	24.03±0.72 <sup>a</sup>	21.68±0.61 <sup>a</sup>
静水恒温	39.28±0.93 <sup>b</sup>	18.44±2.38 <sup>b</sup>	18.81±1.61 <sup>b</sup>
流水解冻	42.44±1.73 <sup>ab</sup>	18.24±1.51 <sup>bc</sup>	19.03±1.30 <sup>b</sup>
常温解冻	43.40±2.62 <sup>a</sup>	15.51±0.56 <sup>c</sup>	18.78±0.25 <sup>b</sup>
微波解冻	31.78±0.83 <sup>c</sup>	15.49±1.39 <sup>c</sup>	15.69±0.86 <sup>c</sup>

色泽对于冷冻制品的外观和可接受度有着重要的影响<sup>[10]</sup>。在一定范围内,  $L^*$ 值越大则表明样品的光泽度越好, 由表 2 可得, 相比于新鲜植物基培根, 所有解冻后的样品均具有一定程度的色泽损失, 推测是由于解冻过程中, 样品中所含的冰晶融化, 失水过多而亮度值下降, 样品与空气的接触时间增加, 样品中的脂肪被氧化, 导致色差变化。其中微波解冻后的植物基培根的  $L^*$ 值为 31.78, 显著低于其余 3 种解冻方式, 而常温解冻下的样品的  $L^*$ 值最高, 为 43.40;  $a^*$ 值越大则表明样品的颜色更偏向于肉红色, 静水恒温解冻和流水解冻处理后的样品  $a^*$ 值均在 18 以上, 高于常温解冻和微波解冻处理后的样品 (15.50 左右);  $b^*$ 值越高则说明样品的颜色偏黄<sup>[8]</sup>, 微波解冻后的植物基培根的  $b^*$ 值均显著低于其他 3 种解冻方式, 仅为 15.69, 其余 3 种解冻方式处理后的样品  $b^*$ 值在 18.87 左右。色泽的变化在一定程度上反映解冻方式给品质带来的影响。

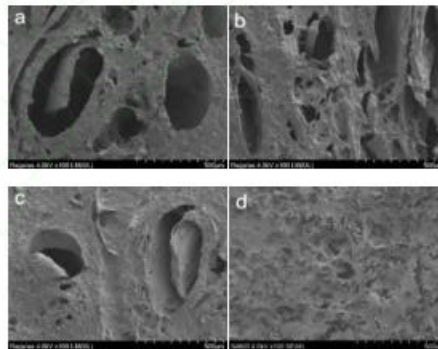
### 2.1.3 不同解冻方式对于植物基培根质构的影响

表3不同解冻方式对植物基培根质构的影响  
Table 3 Effects of different thawing methods on texture of plant-based bacon

试验号	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ	胶黏性/N
新鲜植物基培根	5.20±0.13 <sup>ab</sup>	0.71±0.02 <sup>bc</sup>	1.76±0.04 <sup>b</sup>	2.47±0.06 <sup>bc</sup>
静水恒温	5.6±0.92 <sup>ab</sup>	1.23±0.16 <sup>a</sup>	3.82±0.72 <sup>a</sup>	3.2±0.59 <sup>ab</sup>
流水解冻	5.2±0.46 <sup>ab</sup>	1.35±0.04 <sup>a</sup>	3.70±0.13 <sup>a</sup>	2.7±0.06 <sup>ab</sup>
常温解冻	6.5±1.08 <sup>a</sup>	0.87±0.07 <sup>b</sup>	3.02±0.76 <sup>a</sup>	3.4±0.62 <sup>a</sup>
微波解冻	4.73±0.31 <sup>b</sup>	0.55±0.03 <sup>c</sup>	1.06±0.14 <sup>b</sup>	1.93±0.21 <sup>c</sup>

不同解冻方式对植物基培根的质构特性的影响如表 3 所示。微波解冻处理后的植物基培根的硬度、弹性、咀嚼性和胶黏性分别为 4.73 N, 0.55 mm, 1.06 mJ 和 1.93 N, 均显著低于其他 3 种解冻方式与新鲜植物基培根。原因可能是微波解冻温度较高, 在一定程度上影响了植物基培根的组织结构。常温解冻下的植物基培根的弹性显著低于其他 3 种解冻方式, 原因可能是常温解冻过程中植物基培根组织中的冰不断融化成水, 水分流失后水分的支撑力减小, 导致组织间缝隙增大, 弹性减小。流水解冻对于样品质构的各方面影响均较小, 特别是样品弹性和咀嚼性的保持均优于其他 2 种解冻方式。

### 2.1.4 不同解冻方式对于植物基培根微观结构的影响



a-静水恒温解冻; b-流水解冻; c-常温解冻; d-微波解冻

图 1 不同解冻方式处理后植物基培根的扫描电镜图 (×100)  
Fig.1 Scanning electron microscopy of Plant-based bacon treated by different thawing Methods (×100)

不同解冻方式下植物基培根的微观结构形态如图 1 所示。静水恒温解冻后的植物基培根, 样品截面存在较多且面积较大的椭圆形气孔, 边缘有颗粒感且形成聚集体, 并存在明显的纤维结构; 流水解冻后的植物基培根截面的气孔被拉长并且部分区域孔隙被撕裂, 组织连接有残连, 可见流水解冻过程中流水对于植物基培根的冲击较大, 对其纤维结构造成不利影响; 常温解冻后的植物基培根虽也存在孔隙, 但是其孔隙较静水恒温解冻处理后的样品小, 截面纤维结构更加明显, 存在颗粒感但表面整体较为光滑; 微波解冻后的植物基培根较其余 3 种解冻方式, 其微观结构差异较大, 样品呈无序多孔

状, 表面粗糙且略有起伏, 但其气孔较其余 3 种解冻方式解冻后样品的气孔则小的多, 推测是由于微波解冻过程中温度较高, 蛋白质出现熔融状态。

## 2.2 不同加工方式对于植物基培根营养成分及品质的影响

### 2.2.1 不同加工方式对于植物基培根营养成分的影响

表4不同加工方式对植物基培根营养成分的影响

Table 4 Effects of different processing methods on nutrient composition of plant-based bacon

试验号	水分活度/%	脂肪含量/%	蛋白质含量/%
新鲜植物基培根	66.75±2.00 <sup>a</sup>	1.00±0.025 <sup>c</sup>	3.50±0.09 <sup>ab</sup>
煎制	40.03±2.84 <sup>b</sup>	2.06±0.34 <sup>b</sup>	4.91±0.47 <sup>a</sup>
蒸制	68.09±2.36 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>c</sup>	2.74±0.63 <sup>b</sup>
烤制	43.41±1.02 <sup>b</sup>	4.10±0.36 <sup>a</sup>	4.02±0.45 <sup>a</sup>

植物基培根经过加工后的水分活度对样品的感官评定具有重要影响。由表 4 可得, 经过煎制和烤制处理后的样品的水分活度下降最大, 为 40.03%和 43.41%, 均显著低于蒸制处理后的样品, 原因是煎制和烤制的高温导致样品中的水分散失。而蒸制处理后的样品水分活度为 68.09%, 高于新鲜植物基培根的水分活度, 推测是由于蒸制过程中通过水蒸气加热样品, 蒸制后水蒸气仍附着于样品的表面, 因此导致样品的水分活度上升。

加工方式也会影响植物基培根的脂肪含量。烤制后和煎制后样品的脂肪含量分别为 4.10%和 2.06%, 高于新鲜植物基培根 (1.00%) 和蒸制样品 (0.79%) 的脂肪含量。推测可能是由于煎制和烤制过程中的温度较高, 而脂肪中的甘三酯成分熔点较低, 导致甘三酯在高温下融出, 部分成分被氧化降解, 继而又重新渗透进入样品中才形成的这种情况, 而煎制又与烤制的烹饪加热过程不同, 从而对脂肪含量产生了一定程度的影响。

此外, 烤制和煎制后的植物基培根的蛋白质含量均大于 4%, 高于新鲜植物基培根 (3.50%) 和蒸制后样品 (2.74%) 的蛋白质含量, 推测是由于煎制和烤制的高温处理造成水分损失, 从而导致蛋白质含量升高。

### 2.2.2 不同加工方式对于植物基培根色差的影响

表5不同加工方式对植物基培根色差的影响

Table 5 Effects of different processing methods on color aberration of plant-based bacon

加工方式	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值
新鲜植物基培根	46.13±1.38 <sup>c</sup>	24.03±0.72 <sup>b</sup>	21.68±0.61 <sup>c</sup>
煎制	20.15±0.96 <sup>b</sup>	12.59±1.16 <sup>a</sup>	9.39±0.90 <sup>b</sup>
蒸制	27.45±1.37 <sup>a</sup>	13.41±1.20 <sup>a</sup>	12.97±0.59 <sup>a</sup>
烤制	20.05±2.30 <sup>b</sup>	14.51±1.48 <sup>a</sup>	12.21±1.44 <sup>a</sup>

不同加工方式对植物基培根色差的影响如表 5 所示, 3 种加工方式均会显著降低样品的各项色差指标, 其中蒸制后样品的  $L^*$ 值从 46.13 降为 27.45, 但仍显著高于煎制 (20.15) 和烤制 (20.05) 后的样品; 3 种加工方式之间的植物基培根的  $a^*$ 值不存在显著性差异, 均在 13.5 左右; 煎制后的样品的  $b^*$ 值最低, 为 9.39, 均显著低于其余两种加工方式。

### 2.2.3 不同加工方式对于植物基培根质构的影响

表6不同加工方式对植物基培根质构的影响

Table 6 Effects of different processing methods on texture of plant-based bacon

试验号	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ	胶黏性/N
新鲜植物基培根	5.20±0.13 <sup>c</sup>	0.71±0.02 <sup>d</sup>	1.76±0.04 <sup>bc</sup>	2.47±0.06 <sup>c</sup>
煎制	6.00±1.08 <sup>ac</sup>	0.56±0.21 <sup>c</sup>	1.42±0.33 <sup>c</sup>	2.53±0.50 <sup>c</sup>
蒸制	3.50±0.32 <sup>b</sup>	1.29±0.30 <sup>a</sup>	2.36±0.27 <sup>b</sup>	1.83±0.24 <sup>c</sup>
烤制	6.53±0.58 <sup>a</sup>	1.13±0.11 <sup>b</sup>	4.06±0.62 <sup>a</sup>	3.58±0.22 <sup>b</sup>

植物基培根的质构在一定程度上体现了样品的感官与品质, 特别是经过加工处理后的样品的质构指标更能准确的体现出样品的加工后的口感。不同加工方式对植物基培根的质构特性的影响分析结果

见表6。煎制(5.20 N)和烤制(6.53 N)均会提升样品的硬度,但蒸制(3.50 N)则会降低植物基培根的硬度;不同加工方式下样品的弹性之间形成显著性差异,其中蒸制和烤制的弹性分别为1.29 mm和1.13 mm,均大于新鲜植物基培根;咀嚼性方面,蒸制和烤制的咀嚼性分别为2.36 mJ和4.06 mJ,均大于新鲜植物基培根;烤制处理后的样品的胶黏性为3.584 N,显著高于煎制和蒸制后的样品。推测是由于煎制和烤制时的高温处理使得样品中的水分流失,而蒸制过程中的水蒸气仍依附于样品表面,对样品的结构产生了一定的保护作用,因此对植物基培根的质构产生不同程度的影响。

### 3 结论

不同解冻和加工方式均会对植物基培根的品质产生影响。微波解冻的样品的水分含量、脂肪含量更高,且其微观结构其截面较其余样品更为粗糙且形成了更多小而无序的气孔,但其质构特性的各项指标均大幅度下降;静水恒温和流水解冻的样品在各项指标均较为接近;常温解冻能更好地保持样品的亮度以及硬度和胶黏性。在加工方式中,3种加工方式均会降低样品的色度值;在营养成分上,煎制与烤制后样品的水分活度下降,而脂肪与蛋白质含量则上升,蒸制的样品水分活度保持良好,而脂肪和蛋白质含量下降;质构方面,烤制后的样品质构的4项指标都显著性升高,煎制后样品的硬度和胶黏性均升高,弹性和咀嚼性则均降低,蒸制后样品的硬度和胶黏性下降,而弹性和咀嚼性上升。综上所述,通过研究不同解冻和加工方式对植物基培根的品质影响,根据实际生产需要选择合适的加工方式,可以为今后植物基培根的生产加工提供理论参考价值。

### 参考文献

- [1] 王守伟, 李石磊, 李莹莹等. 人造肉分类与命名分析及规范建议[J]. 食品科学, 2020.  
WANG S W, LI S L, LI Y Y, et al. Classification and Naming Analysis of Artificial Meat and Suggestions for Standardization[J]. Food Science, 2020.
- [2] MALAV OP, TALUKDER S, GOKULAKRISHNAN P, et al. Meat analog: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2015, 55(9): 1241-1245.
- [3] CRAIG WJ, MANGELS AR. Position of the american dietetic association: Vegetarian diets[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2009, 109(7): 1266-1282.
- [4] 常海军, 唐翠, 唐春红. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2014(10): 1-5.  
CHANG H J, TANG C, TANG C H. Effects of different thawing methods on pork quality[J]. Food Science, 2014(10): 1-5.
- [5] 张树峰, 陈丽丽, 赵利, 等. 不同解冻方法对脆肉鲩鱼肉品质特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019(3): 56-62.  
ZHANG S F, CHEN L L, ZHAO L, et al. Effect of different thawing methods on quality characteristics of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2019(3): 56-62.
- [6] 赵知微. 素肉饼配方及加工工艺的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.  
ZHAO Z W. Study on formulation and processing technology of veggie meat-like patty[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [7] 段汝浩. 大豆蛋白肉的加工工艺和设备[J]. 食品研究与开发, 1992(4): 25-26.  
DUAN R H. Processing technology and equipment of soybean protein meat[J]. Food Research and Development, 1992(4): 25-26.
- [8] 马友秋, 刘佳生, 李梅, 等. 组织蛋白的应用[J]. 食品科技, 1997(1): 21-23.  
MA Y Q, LIU J S, LI M, et al. Application of histamin[J]. Food Science and Technology, 1997(1): 21-23.
- [9] 罗嫚. 微波低温加热对猪肉特性影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.  
LUO M. Study on the influence of microwave low temperature heating on pork properties[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.
- [10] 李银, 孙红梅, 张春晖, 等. 牛肉解冻过程中蛋白质氧化效应分析[J]. 中国农业科学, 2013(7): 1426-1433.  
LI Y, SUN H M, ZHANG C H, et al. Analysis of frozen beef protein oxidation effect during thawing[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013(7): 1426-1433.