

人造肉的实际体验与发展前景

十(2)班 丁承天 14号

摘要:人造肉作为一个研究多年且值得期待的创新产品,在近几年的发展下技术有了突破且逐渐的商业化,这也使关于人造肉议题开始走入媒体的视野。

在大范围的宣传下,人造肉被一度封神,它被看成肉制品行业资源缺口的优良选择,解决食品危机,环境问题的其一手段。但不可否认的是人造肉仍收到技术,伦理方面和实际商业化的挑战。本文抛开对未来的光明前景的假设,对人造肉现状的问题进行综述,并基于其现状以及人造肉整个的发展历程,对其技术的未来发展进行分析和推测。

随着科技的发展,生物食品制造行业也突飞猛进。一种利用动物干细胞培养出来的人造肉也从实验室诞生。该项发明在2013年,由马斯特里赫特大学的马克·波斯特(Mark Post)创造。它是由20000多股肌肉组织制成的,但当时的成本超过了30万美元,且需要2年时间才能生产出来。其当时研发主旨在于为消费者提供了另一种途径,可以从传统肉类中获得他们想要的味道、质地和营养,而不会对环境造成影响或虐待动物。可见,人造肉的发明初衷主要是为迎合人们日益增长需求,对传统畜牧业存在的潜在环境污染,道德观等因素,促进了肉类替代品。所以人造肉的商业化进程发展到现在是必然的,但是否能达到解决食品危机等设想,就目前而言仍是挑战。该项技术在欧美国家相对成熟,中国对于细胞培养肉的研究还处于起步阶段。

相较于细胞培养肉,植物肉的研究已经步入商业化生产中。2020年全球人造肉市场规模已达到139亿美元,预计到2025年全球人造肉市场规模有望达到279亿美元。在2020年到2027年预计市场复合增长率是百分之十四点四。

本研究参考了相关资料,限于实验条件引用了对市售2种肉制品测试的相关实际实验以及体验的信息,通过对其颜色、质构、香气轮廓、以及感官等方面的分析,探究植物蛋白肉饼与传统肉饼食用品质的差异性,以及其存在的问题和现状。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

1. 启合甄选纯牛肉汉堡肉饼(以下简称牛肉饼),齐善植物牛排(以下简称植物肉饼A),金字人造肉植物肉饼(以下简称植物肉饼B)各8块,分别购自启合甄选旗舰店、齐善食品旗舰、金华金字火腿旗舰店。3种肉饼的蛋白质和脂肪含量见表1。样品购买后置于-20℃冷冻保存。平底锅,九阳股份有限公司;LabScan色差仪,美国HunterLab公司;便携式LED摄影灯箱,慈溪童瑞摄影器材有限公司;TA-XTC-18质构仪,上海保圣实业发展有限公司;搅碎机,美的集团有限公司;SuperNose电子鼻,上海瑞玢国际贸易有限公司。

1.2 方法

样品预处理 样品在常温下解冻。平底锅于 800 W，预热 30 s 后立刻调整至 300 W。将肉饼置于平底锅煎制，每 30s 翻 1 次面，共煎制 6 min。立刻将煎熟的样品取出，切成 1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm 的方块，用于后续颜色、质构与消费者感官评价测定。

1.2.1 颜色判定

1 食品的外观经常会影响消费者对于食品的选择，除了形状、新鲜度等因素，颜色也是一个重要的评估指标[19]。表 2 是牛肉饼与 2 种植物肉饼 A 和 B 的颜色比较结果，由表 2 可知，对于肉制品的煎制面，3 组肉饼在亮度(L* 值)、红度(a* 值)、黄度(b* 值)均具明显差异(P<0.05)。其中牛肉饼的 L* 值为 27.30±2.70，比其它 2 种植物肉饼的 L* 值 20.79±1.99 和 17.02±1.74 显著升高。而牛肉饼的 a* 值(5.11±0.33)则显著低于 2 种植物肉饼;b* 值(10.07±0.91)介于 2 种植物肉饼之间。在 3 种肉饼没有经过煎制的内部，牛肉饼的 L* 值与植物肉饼 A 更加相近，b* 值与植物肉饼 B 更加相近。三者的 a* 值具有显著性差异(P<0.05)。经过煎制后，可以发现牛肉饼和植物肉饼 A 在 L* 值上变化较大，而红度 a* 值、黄度 b* 值变化不明显。肉饼煎制后表面和内部图如图 1 所示。

经过煎制后，牛肉饼煎制面的肉品内部亮度 L* 值上升，而植物肉饼煎制面的肉品内部亮度 L* 值下降，这是因为两种肉来源不同。肉和肉制品的颜色受其水分和脂肪含量以及血红蛋白含量(尤其是肌红蛋白)及其与周围环境的影响[20]。随着煎制温度的升高，牛肉饼的亮度 L* 值升高，红度 a* 值下降，肌肉逐渐失去红色变为灰白色，这可能与高铁肌红蛋白(MetMb)、氧合肌红蛋白(MbO2)以及脱氧肌红蛋白(deoxyMb)有关[21]。当肉在加热熟制过程中，呈暗红色的肌红蛋白变性生成灰白色的变性肌红蛋白。这一结果与李辉[22]的研究结果一致，与直接煎制的牛排相比，经过热处理后煎制的牛排亮度 L* 值更高。而植物蛋白肉则在煎制温度升高时亮度 L* 值降低，Zhang 等[23]研究发现，在温度从 130 °C 上升至 150 °C 时，以大豆蛋白为原料的肉制品亮度 L* 值与温度呈负相关。这一结果表明传统肉制品在亮度和红度上与植物蛋白肉存在显著差异(P<0.05)，并且不同的煎制温度对肉制品亮度的变化有着相反的效果。

1.2.2 味道判定

1. 味道强度值(Taste active value, TAV)计算如下式:TAV=滋味物质的浓度/滋味物质的阈值

2. 消费者感官评价试验 消费者感官评价试验采用选择适合项目法从风味轮廓方面开展。实验在***分析室进行感官评价

3. 实验环境室温度 20 ° C, 湿度 60%, 采用白光照射。 试验随机招募 50 名肉制品感官消费者 (男性 25 人, 女性 25 人), 年龄在 18~45 岁之间, 均无长期服药历史、无长期吸烟及饮酒习惯。

4. CATA 感官评估分为 2 个部分。 第 1 部分为 9 点喜好打分, 使用 9 点喜好性量表(由“1:极度不 喜欢”至“9:极度喜欢”)对样品进行评估;第 2 部分为感官属性的选择。

1.2.3 质构

质构测定 测试模式为质地多面剖析法 (Texture profile analysis, TPA)^[10], 压 缩 比 例 为 50%, 下压模式。 探头型号为 TA/BS, 测试前速度 为 2.0 mm/s, 测试中速度为 1.0 mm/s, 测试后速度 为 5.0 mm/s, 每个样品重复 6 次。

1.2.4 电子鼻测定

电子鼻测定 将剩余肉排置于搅碎机中, 搅碎 1 min, 精确称取搅碎后的煎制肉排 5.00 g, 立即装入 50 mL 烧杯中使用保鲜膜封口, 其余样品 用塑封机真空塑封, 置于-20° C 冷冻保存。 在进样 前, 烧杯在室温平衡 30 min 后, 在 0.6 L/min 下将 顶空中的香气传入传感器阵列室中解析 60 s。 用 进样针进样 10 mL。 样品之间清洗 60 s 以上, 每个 样品重复 5 次。

2. 数据分析

颜色、 质构、 游离氨基酸结果均采用 SPSS 23.0 计算平均值、方差和显著性。 结果均以($\bar{x} \pm s$)表示($P < 0.05$ 表示差异显著)。 电子鼻数据先采用 SPSS 23.0 软件进行标准化, 然后用 Origin 9.1 进 行 DFA 绘图。 喜好性结果由 Excel 2016 进 行分 析。 CATA 数据由 XLSTAT 2016 软件进行分析, 并 使用科克伦 Q 检验(Cochran's Q test)、成对比 较 (Pairwise comparisons)、 对应分析(Correspon- dence analysis, CA)与主坐标分析 (Principal coor- dinate analysis, PCoA)。

3. 结果

1. 颜色

食品的外观经常会影响消费者对于食品的选 择, 除了形状、新鲜度等因素, 颜色也是一个重要 的评估指标^[19]。 表 2 是牛肉饼与 2 种植物肉饼 A 和 B 的 颜色比较结果, 由数据可知, 对于肉制品的 煎制面, 3 组肉饼在亮度(L^* 值)、

红度(a^* 值)、黄度(b^* 值)均具明显差异($P<0.05$)。其中牛肉饼的 L^* 值为 27.30 ± 2.70 , 比其它2种植物肉饼的 L^* 值 20.79 ± 1.99 和 17.02 ± 1.74 显著升高。而牛肉饼的 a^* 值(5.11 ± 0.33)则显著低于2种植物肉饼; b^* 值(10.07 ± 0.91)介于2种植物肉饼之间。在3种肉饼没有经过煎制的内部,牛肉饼的 L^* 值与植物肉饼A更加相近, b^* 值与植物肉饼B更加相近。三者的 a^* 值具有显著性差异($P<0.05$)。经过煎制后,可以发现牛肉饼和植物肉饼A在 L^* 值上变化较大,而红度 a^* 值、黄度 b^* 值变化不明显。肉饼煎制后表面和内部图如图1所示。经过煎制后,牛肉饼煎制面的肉品内部亮度 L^* 值上升,而植物肉饼煎制面的肉品内部亮度 L^* 值下降,这是因为两种肉来源不同。肉和肉制品的颜色受其水分和脂肪含量以及血红蛋白含量(尤其是肌红蛋白)及其与周围环境的影响^[20]。随着煎制温度的升高,牛肉饼的亮度 L^* 值升高,红度 a^* 值下降,肌肉逐渐失去红色变为灰白色,这可能与高铁肌红蛋白(MetMb)、氧合肌红蛋白(MbO_2)以及脱氧肌红蛋白(deoxyMb)有关^[21]。当肉在加热熟制过程中,呈暗红色的肌红蛋白变性生成灰白色的变性肌红蛋白。这一结果与李辉^[22]的研究结果一致,与直接煎制的牛排相比,经过热处理后煎制的牛排亮度 L^* 值更高。而植物蛋白肉则在煎制温度升高时亮度 L^* 值降低,Zhang等^[23]研究发现,在温度从 130°C 上升至 150°C 时,以大豆蛋白为原料的肉制品亮度 L^* 值与温度呈负相关。这一结果表明传统肉制品在亮度和红度上与植物蛋白肉存在显著差异($P<0.05$),并且不同的煎制温度对肉制品亮度的变化有着相反的效果。

2. 质构

有数据可得个品牌肉饼在硬度和弹性上存在显著性差异。其中,牛肉饼的硬度最高,为 32.89 ± 6.03 ,比植物肉饼A和植物肉饼B的硬度分别高出5.7倍和3.5倍。通过ANOVA检验发现,牛肉饼在硬度上与植物肉饼差异极显著($P<0.01$)。在弹性方面,牛肉饼比两种植物肉饼均要高,弹性从高到低排序为:牛肉饼>植物肉饼B>植物肉饼A,三者之间有显著性差异($P<0.05$)。在咀嚼性方面,两种植物肉饼无显著性差异($P>0.05$),牛肉饼的咀嚼性显著高于植物肉饼。研究发现,肉制品的硬度、弹性以及咀嚼性取

决于肌肉组织含量,如高蛋白、水分含量等。蛋白含量越高,水分含量越低,肉制品硬度越大,咀嚼性越好。脂肪含量越高,肉制品弹性越好。相较于牛肉饼,植物肉饼A的原料为大豆分离蛋白和豌豆蛋白,植物肉饼B的原料为大豆蛋白。目前生产植物基肉制品最为常见的工艺是挤压法,挤压分为低水分挤压和高水分挤压,其中高水分挤压更加适用于肉类替代品的生产。在高水分挤压的过程中,随着水分含量的增加,大豆蛋白挤出物的组织化度和黏着性随之增加,从而导致硬度和咀嚼性降低。因此相较于牛肉饼,由于原料不同,植物肉饼的硬度更低,耐嚼性更差。基于质构差异,目前对于植物基肉制品的质构改善有大量研究。牛肉饼、植物肉饼A、植物肉饼B。通过添加适量小麦蛋白、淀粉和膳食纤维等都能有效增强植物基肉制品的纤维结构。Chiang等研究发现,在小麦蛋白添加量为30%的情况下,生产出的植物基肉制品具有更好的类似肉的肉感。

3. 电子鼻

由数据可知可知，两种主成分的累积贡献率为 100%，超过 85%。说明两种主成分包含了 3 种肉饼的大部分 气味物质信息^[27]。从 DFA 图谱中可以看到，植物肉 饼 B 位于图谱右侧， 与另外两种肉饼存在显著差别。 且位于图谱左侧的牛肉饼和植物肉饼 A 距离 相近，这说明在两种植物肉饼中，植物肉饼 A 与牛 肉饼在气味方面更加相近。 相比于植物肉饼 B，植 物肉饼 A 更能满足 “人造肉”的要求。

4. CATA 检测

牛肉饼位于第 1 象限，总体特征:颜色为褐色，气味具有豆腥、血腥、肝脏、脂肪以及奶味，入 口质地较松散，具有腥味。 植物肉饼 A 位于第 3 象限，总体特征:颜色为红棕，气味具有烧烤、黑 椒、烟熏和糊味，入口质地较柔软，具有烤肉和甜 味。 植物肉饼 B 则位于第 2 象限，总体特征:颜色 为血红，入口质地较坚韧、紧实和耐嚼，具有酸、黑 椒、豆干和咸味。 当 样品在外观上具备红棕色， 气味上具有糊味和烟 熏味，质地上较柔软且较嫩，滋味上具有甜味时， 消费者对其喜好程度更高。相较于牛肉饼，植物 肉饼更符合理想产品的特征。 这表明在工业研发 中，需要关注人造肉与传统肉的质构差异。 消费者对 3 种肉饼喜好性排序为:植物 肉饼 A>植物肉饼 B>牛肉饼。 官 志愿者对于植 物蛋白肉的接受程度显著高于细胞培养肉。 其中 88%的志愿者对植物蛋白肉处于积极接受的态 度，只有 2%表示不接受，而对于细胞培养肉 而言，只有 52%的志愿者愿意尝试细胞培养肉，22%的 志愿者对其处于消极不 愿意接受的状态。 根据其它国家学者的一项全球调查显示， 大多数受过高 等教育的人对人造肉保持怀疑态度， 他们 对人造 肉的味道、安全性以及健康 效应处于观望状态^[41]。 实际上， 消费者对人造肉的接受程度取决于多种 因素， 这些因素包括消费者对生产技术和媒体报 道的看法，以及对科学、政 策和社会的信任等。 目 前，人造肉售卖价格过高，相比传统肉制品的感官 特质差距较大是阻碍人造肉进一步推广的主要原因。

4. 发展前景与现状

人造肉目前在伦理，价格，技术，产量等多方面仍旧有着许多挑战。在以上大 部分测试的数据都不如红肉。更重要的是实验时是否能保证大部分人造肉培 养，合成时的变化受控制。这仍需研究，思考。在目前开来人造肉还是服务于 少数群体。但毕竟这一项科技从发明到发展也不过十几年的时间，该项技术还 并未成熟，对于未来我们无法预测。不过可预见的是它会成为一种发展的趋 势，而不是仅限于此。人造肉他是人们需求的产物，而随着人们日益需求的增

长对健康，绿色的追求。对解决人类快速增长的人口，食品危机的渴望。人造肉技术仍有很大的发展空间。

5. 致谢

感谢你能看到这里。也感谢指导我的宋老师，以及感谢制作关于此类话题的纪录片，视屏作者是你给了我灵感。谢谢！！

参考文献

1. 辛良杰, 李鹏辉, 范玉枝. 中国食物消费随人口结构变化分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(14): 296-302. XIN L J, LI P H, FAN Y Z. Change of food consumption with population age structure in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(14): 296-302.
2. HOCQUETTE J F. Is it possible to save the environment and satisfy consumers with artificial meat? [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(2): 206-207.
3. 市售人造肉饼食用品质评价 汪梦妮¹, 李文倩^{1, 2}, 彭金月^{1, 2}, 刘源¹, 陈艳萍^{1*}
4. <https://baike.baidu.com/item/人造肉/409760>
5. <http://www.doc88.com/p-85059478013438.html>
6. <http://news.niuyangtd.com/tuzaijiagong/rouniutuzaijiagong/625.html>
7. <http://www.doc88.com/p-85059478013438.html>
8. <https://search.bilibili.com/all?keyword=判定牛肉的颜色>
9. 人造肉的研究进展和应用前景曾志鲁¹, 黄道武², 罗东辉¹, 华洋林
10. <https://www.cn-healthcare.com/article/20190828/content-523023.html>
11. <https://caifuha0.eastmoney.com/news/20220623150913722820350>
12. <https://www.chinairn.com/hyzx/20220214/18081884.shtml>
13. https://en.wikipedia.org/wiki/Cultured_meat
14. 14. Lab-grown meat: How it's made, sustainability and nutrition