**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 °C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(x ± 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(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。

**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 牛肉饼 植物肉饼 A 植物肉饼 B 究。 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 con- Sumption 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://caifuhao.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