

基于 LF-NMR 技术对不同鸡汤制品的营养品质分析及区分

张汤磊^{1,2}, 沈海军^{1,3}, 高子武¹, 曹仲文^{1,4*}

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 扬州生活科技学校 烹饪管理系, 江苏 扬州 225100; 3. 江苏省扬州旅游商贸学校 烹饪系, 江苏 扬州 225001; 4. 扬州大学 中餐非遗技艺传承文化和旅游部重点实验室, 江苏 扬州 225127)

摘要:以原味鸡汤、浓缩鸡汤(吴太婆牌和史云生牌)和勾兑鸡汤(家乐牌浓汤宝和太太乐牌浓缩鸡汁)为研究对象,对不同鸡汤制品普通营养成分(粗脂肪、粗蛋白和固形物)含量、色差和感官评分等进行分析比较;并利用低场核磁共振(LF-NMR)技术结合主成分分析法对上述鸡汤进行检测区分。结果表明:原味鸡汤营养成分含量和感官评分最高;LF-NMR 数据结合主成分分析的结果,可使不同种类鸡汤得到明显的区分;且 LF-NMR 弛豫特性数据与食品感官评分、鸡汤的理化营养成分参数 3 者之间具有较好的相关性。该研究结果说明低场核磁共振技术应用于食品品质的区分识别具有可行性。

关键词:鸡汤;低场核磁共振技术;主成分分析

中图分类号: TS 972.125.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2022)02-0065-07

除水分外,传统方法加工的鸡汤含有较高蛋白质、脂肪、维生素及微量元素等营养物质及含氮浸出物^[1],其不仅可以作为烹饪加工过程的助剂(即作为高汤),还能一定程度上提供人体所需的营养物质^[2]。随着消费水平的提升,鸡肉在人们日常肉类消费中位居第二^[3],市场上工业加工的浓缩类鸡汤产品也日益增多,主要以鸡骨架(指去掉鸡皮、大腿肉、鸡胸肉、头脖、内脏后剩余部分)为原材料^[4],但品质与品牌混杂。此外,市面上还存在部分商家或厂家用浓缩鸡汁勾兑冒充鸡汤、用化学添加剂仿制鸡汤风味产品的现象,严重影响消费者身体健康及食品安全信任度。针对传统方法加工的鸡汤、工业加工浓缩类鸡汤和浓缩鸡汁勾兑鸡汤及仿制鸡汤风味产品品质各异,消费者及食品品质监察部门无法有效识别与评价的局面,迫切需要建立一种快速、简单、准确地识别和评价不同品质鸡汤的方法。

低场核磁共振(LF-NMR)技术可对样品进行无创、快速、精准定量分析检测,可实现对食品

中多成分的实时检测和区分,包括水分分布、脂肪及瘦肉含量等。该技术已被应用到牛乳掺假研究^[5]、花生油掺假研究^[6]、食用油品质鉴别及掺假^[7-8]及不同品牌黄明胶的快速鉴别研究^[9]等领域。主成分分析方法(PCA)作为化学计量学中模式识别重要分析工具,可以简约数据,且能够于对测量数据进行解释、理解、判别和聚类。姜潮等^[10]利用 LF-NMR 对 5 种不同产地(江苏苏州、河南原阳、黑龙江五常、黑龙江佳木斯、吉林梅河)的大米进行检测,发现 LF-NMR 技术结合主成分分析法能够有效地区分 5 种产地的大米。吴艺影等^[11]为探索一种注胶猪肉快速检测分析技术,利用低场核磁技术对正常猪肉、注有黄原胶、明胶、卡拉胶和琼脂的猪肉进行检测,结果表明:LF-NMR 结合主成分分析法能够有效地区分猪肉与各类注胶肉及不同注胶量的注胶肉。

为此,本试验采用物理化学方法对 5 种不同鸡汤制品的普通营养成分(粗脂肪、粗蛋白和固形物)含量、色差和感官评分等进行分析比较;并

收稿日期:2022-02-24 *通信作者

基金项目:教育部人文社会科学研究一般项目(17YJAZH006);四川省高等学校重点实验室开放基金(PRKX201911)

作者简介:张汤磊,男,扬州大学旅游烹饪学院硕士研究生,主要从事食品加工与安全研究,E-mail:705824050@qq.com;

曹仲文,男,扬州大学旅游烹饪学院副教授,博士,主要从事轻工技术与工程及传统烹饪产业化研究,E-mail:zwcao@yzu.edu.cn。

基于鸡汤中水分 LF-NMR 弛豫特性不同,利用低场核磁共振技术结合主成分分析法对 5 种鸡汤进行检测区分,以期为市面上各种鸡汤产品进行快速检测提供可能。

1 材料与方法

1.1 实验材料

老母鸡(二年生三黄鸡)、家乐浓汤宝、太太乐浓缩鸡汁和吴太婆牌鸡汤、史云生牌清鸡汤:扬州市大润发超市。

1.2 主要仪器与设备

AccuFat-1050 磁共振分析仪:麦格迈公司;L8900 全自动氨基酸测定仪:日本日立公司;JT1001N 普通天平:上海精天电子仪器有限公司;SER148/6 脂肪测定仪:意大利 VELP 公司;PAL-1 数显手持糖度计:广州市东南科创科技有限公司;CR-400 测色仪:日本柯尼美能达公司;WSF-SCL3501 奥克斯双灶头电磁炉:奥克斯电器(深圳)有限公司;电热鼓风干燥箱:上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 传统鸡汤制备

将鸡去除其内脏,清洗干净,选取鸡胴体作为实验所用材料。将鸡胴体切成 3~5 cm 块,冷水放入锅中,水开后焯水 5 min,撇去浮沫后取出用冷水冲洗干净,沥干水分后称重,按料水比 1:3 (m/m) 放入砂锅中,加入老姜(0.5%)和小葱(0.8%),大火煮沸后撇去上层浮沫,采用砂锅煲汤方式熬煮 60 min^[12],加入 0.7% 食盐起锅即为煮好的鸡汤。将煮好的鸡汤(约 30 mL,60 ℃)立即分装至已经编码的品评杯中用于感官评价。剩余样品用双层绢布(约 0.075 mm)过滤,自然冷却到室温,去除上层黏稠鸡油,取清液部分用于后续分析测定。

1.3.2 勾兑鸡汤制备

试验所用的浓汤宝、太太乐浓缩鸡汁配制浓度为 50 mg/mL,所用水为沸水,搅拌均匀冷却后备用。

1.3.3 浓缩鸡汤制备

将吴太婆牌鸡汤、史云生牌清鸡汤分别倒入电磁炉中,加热至沸腾,冷却后用双层绢布(约 0.075 mm)过滤,自然冷却到室温,冰箱冷藏 30 min,去除上层黏稠鸡油,取清液部分作为样品

贮藏备用。

1.3.4 普通营养成分的测定

固形物含量采用常压加热干燥法测定^[13];粗蛋白含量测定参考国标 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》;粗脂肪含量测定参考国标 GB 5009.5—2016《食品中粗脂肪的测定》,均以干基计其含量。

1.3.5 色差的测定

鸡汤色差采用柯尼美能达 CR-400 测色仪测定。测定前先将白色校正板紧贴外部镜口,开始校准,待校正完成后,开始测定鸡汤样品。记录 L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度)。

1.3.6 低场核磁共振检测

将样品移至专用核磁管中,选择 G50-Probe 探头,校正探头参数,采用 CPMG 一维脉冲序列测定,每个样品重复 3 次。本试验样品采集参数设置:接收增益(Receiver Gain)=20 dB,回波间隔(Sampling interval)=4 ms,采样点数(Points)=5 000 个,扫描次数(Scans)=16 次,间隔时间 Recycle delay=15 s。测定结束后使用配套反演软件反演出实验结果。

1.3.7 感官评价

评定小组由 10 名经过感官评价培训的人员组成。评定人员在参评前饥饱适中并用清水漱口,各个成员在品评时单独进行,中途不可交流,按照食品感官评定的规则进行评定。依据表 1^[14]对样品的外观、香气、滋味和浮油指标进行感官评价。

表 1 鸡汤的感官评价标准

评价指标	评分标准	分值设计
外观	鸡汤清澈,无漂浮物	21~30
	鸡汤较清,有少量沉淀或漂浮物	11~20
	鸡汤浑浊,沉淀或漂浮物较多	0~10
香气	鸡汤香味浓郁	16~20
	有明显的鸡汤香味,香味较强	11~15
	鸡汤香味清淡,或有异味	0~10
滋味	鸡汤滋味纯正浓厚,回味悠长	21~30
	有鸡汤的特有滋味,鲜味不足	11~20
	鸡汤滋味平淡,无回味或有异味	0~10
浮油	鸡汤表面无明显浮油	16~20
	鸡汤表面有少量颗粒浮油	11~15
	鸡汤表面有大片浮油	0~10

1.4 数据处理

每个样品重复测定 3 次,采用 Excel 2010 软件对获得数据取平均值进行处理,用 Origin 17.0 软件对数据进行绘图,并使用 SPSS 22.0 软件对反演结果进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同鸡汤制品的普通营养成分分析

固形物含量是评价汤类食品营养品质的指标之一,鸡汤中溶出物含量越高越有利于营养物质的消化吸收。同时,汤中固形物含量也与鸡汤的风味、口感密切相关^[15],表 2 中原味鸡汤和浓缩鸡汤中固形物含量较高,勾兑鸡汤固形物含量最低。汤体中的脂肪含量关系到汤体的风味,且其水解和氧化过程是形成鸡汤风味的重要途径,鸡

肉中脂类化合物在加热过程中溶解,使汤中脂肪含量上升。表 2 中原味鸡汤和吴太婆鸡汤脂肪含量显著高于其他鸡汤样品,而浓汤宝和太太乐勾兑鸡汤中脂肪含量与生产加工时加入的鸡油相关。史云生牌清鸡汤未检测到脂肪,是因为其是清鸡汤去除了脂肪的缘故。蛋白质是鸡肉和鸡汤中重要的营养物质之一,其含量与鸡汤的口感、滋味及营养价值有很强的关联性。由表 2 可知,浓缩鸡汤与原味鸡汤的蛋白质含量较高,勾兑鸡汤的蛋白质含量较低。一方面由于鸡的品种和日龄不同使得鸡肉组织中蛋白质交联程度差异,从而导致炖煮过程中蛋白质溶出速率不同,另一方面加工工艺也会影响鸡汤中粗蛋白含量。自制的原味鸡汤中蛋白质含量高于浓缩鸡汤,可能与母鸡品种的选择和熬煮工艺及时间有关。

表 2 5 种不同鸡汤制品的普通营养成分比较

样品名	原味鸡汤	吴太婆鸡汤	浓汤宝勾兑鸡汤	史云生清鸡汤	太太乐勾兑鸡汤
粗脂肪(mg/100 mL)	1.69 ± 0.04 ^b	1.42 ± 0.02 ^a	0.68 ± 0.02 ^{bc}	—	0.42 ± 0.08 ^c
粗蛋白(mg/100 mL)	0.85 ± 0.05 ^{ab}	0.72 ± 0.08 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	0.68 ± 0.04 ^{ab}	0.47 ± 0.06 ^b
固形物(%)	1.83 ± 0.14 ^b	1.78 ± 0.23 ^a	1.08 ± 0.12 ^c	1.17 ± 0.08 ^d	0.92 ± 0.04 ^{cd}

注:同列不同小写字母上标表示数值间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同鸡汤制品的色差分析

食物的色泽会直接影响消费者的感官感受,也是影响鸡汤品质的一个重要因素。鸡汤中 L^* 值(亮度值)和 b^* 值(黄度值)与鸡汤的色泽密切相关, a^* 值(红度值)为负值,不能体现鸡汤色泽

差异。由表 3 可知,不同鸡汤制品的 L^* 值为 40.52 ~ 42.52, a^* 值为 -0.15 ~ -0.45, b^* 值为 8.34 ~ 12.34;原味鸡汤和浓缩鸡汤 b^* (黄度值)显著高于勾兑鸡汤,表明勾兑鸡汤色泽相对较浅。

表 3 5 种不同鸡汤制品色差比较分析

样品名	原味鸡汤	吴太婆牌鸡汤	史云生牌清鸡汤	浓汤宝勾兑鸡汤	太太乐勾兑鸡汤
L^* 值	42.52 ± 0.78 ^a	42.80 ± 0.63 ^a	40.94 ± 0.23 ^{bc}	41.98 ± 0.12 ^b	40.52 ± 0.53 ^c
a^* 值	-0.21 ± 0.02 ^b	-0.31 ± 0.03 ^c	-0.38 ± 0.01 ^{cd}	-0.45 ± 0.08 ^d	-0.15 ± 0.01 ^a
b^* 值	7.34 ± 0.22 ^a	7.81 ± 0.18 ^a	6.87 ± 0.24 ^b	4.34 ± 0.43 ^c	4.38 ± 0.32 ^c

注:同列不同小写字母上标表示数值间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同鸡汤制品的感官评价分析

由图 1 可知,原味鸡汤感官评分最高。浓缩鸡汤(吴太婆牌鸡汤、史云生清鸡汤)感官评分其次,由于工业化生产鸡汤为了延长鸡汤保质期使用高压灭菌,高温高压降低了鸡汤的感官品质和营养价值。勾兑鸡汤(浓汤宝,太太乐鸡汁)是由添加剂、调味品与鸡油勾兑而成,并非由肉鸡熬制的,因此感官评分最低。

2.4 不同鸡汤制品理化指标和感官评分的相关性分析

对不同鸡汤制品的理化指标和感官评分进行 Pearson 相关系数分析。由表 4 可知,不同种类的鸡汤感官评分与粗蛋白含量、固形物含量、 L^* 值、 b^* 值呈显著相关。粗蛋白、固形物含量是鸡汤中重要的营养指标,其含量对鸡汤的口感、滋味及营养价值有显著影响; L^* 值、 b^* 值会直接影响消费

者的感官感受,是影响鸡汤感官评定的重要因素之一。

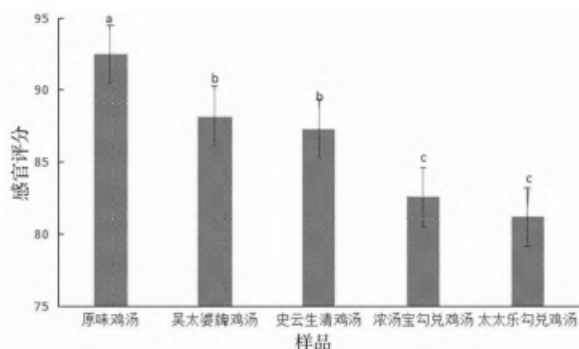


图 1 不同鸡汤样品感官评价结果

表 4 不同鸡汤制品理化指标和感官评定的相关性分析

	粗脂肪	粗蛋白	固形物	L^* 值	a^* 值	b^* 值	感官评分
粗脂肪	1	0.616	0.912*	0.682	0.329	0.788	0.77
粗蛋白		1	0.772	0.832	0.422	0.812	0.885*
固形物			1	0.919*	0.143	0.971**	0.891*
L^* 值				1	-0.047	0.981**	0.904*
a^* 值					1	0.055	0.112
b^* 值						1	0.890*
感官评分							1

注: *表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$ 。

2.5 不同鸡汤制品 LF-NMR 核磁数据分析

图 2 为 5 种不同鸡汤制品横向弛豫时间(T_2)的反演图谱,表 5 为 5 种不同鸡汤制品的 LF-NMR 核磁数据。由于不同鸡汤样品中水分自由度不同,其氢质子的化学环境不同,因此 LF-NMR 核磁数据在反演图谱中具有不同的 T_2 值分布和振幅值。由图 2 可知,在相同信号采集和反演参数下,原味鸡汤和吴太婆牌鸡汤可以反演出 3 个峰(T_{21} 、 T_{22} 、 T_{23}),史云生牌清鸡汤、浓汤宝和太太乐鸡汁勾兑的鸡汤有 2 个峰 T_{22} 、 T_{23} 。弛豫时间与氢质子的流动性有关,弛豫时间长对应的氢质子的流动性大,弛豫时间短对应的氢质子的流动性小^[16]。表 5 中,原味鸡汤和吴太婆牌鸡汤在 12.16~52.81 ms 有信号响应,这可能是由于原味鸡汤和吴太婆牌鸡汤中含有较多的水合蛋白及油脂成分。不同鸡汤制品之间弛豫谱图有明显的差异,通过低场核磁弛豫特性的比较可将 5 种鸡汤制品分为二组,即原味鸡汤和吴太婆牌鸡汤为一组,浓汤宝、太太乐鸡汁勾兑鸡汤和史云生牌

清鸡汤为一组,但仅依靠反演谱图并不能准确区分出鸡汤。

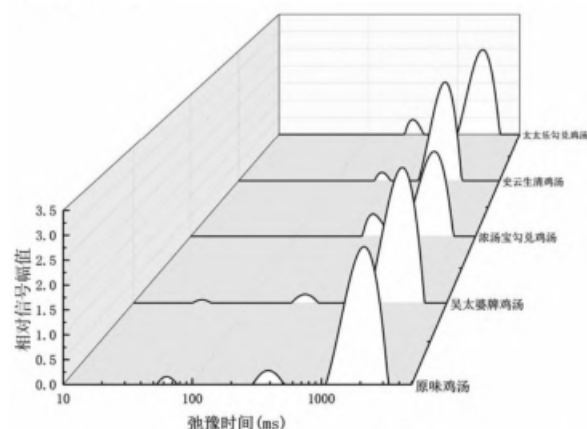


图 2 不同种类鸡汤的 LF-NMR 反演图谱

2.6 不同鸡汤制品理化指标与 LF-NMR 数据的相关性分析

为了进一步探究鸡汤中粗脂肪、粗蛋白和固形物含量与氢质子弛豫特性的相关性,采用 SPSS 软件对其进行相关性分析。如表 6 所示,粗脂肪含量与弛豫时间 T_{21} 呈极显著相关 ($0.974, P < 0.01$),与峰面积 S_1 呈显著相关 ($0.917, P < 0.05$);固形物含量与弛豫时间 T_{21} 呈显著相关 ($0.914, P < 0.05$),与峰面积 S_1 显著相关 (0.802)。

2.7 LF-NMR 核磁数据结合 PCA 对不同鸡汤制品的区分与判别

因为 LF-NMR 核磁数据并不能准确区分出不同种类鸡汤制品,故需要进一步对不同鸡汤制品的特征组分进行主成分分析。选取各鸡汤样品的弛豫时间 T_2 和峰面积 S 进行主成分分析:弛豫时间 $T_{21}(X_1)$,峰面积 $S_1(X_2)$,弛豫时间 $T_{22}(X_3)$,峰面积 $S_2(X_4)$,弛豫时间 $T_{23}(X_5)$,峰面积 $S_3(X_6)$,计算其特征值的方差贡献率和累积贡献率,并根据累积贡献率 $\geq 80\%$ 的原则提取主成分个数。

由表 7 可知,本研究共取得 2 个主成分,其对应的方差贡献率分别为主成分 1(PC_1)为 52.688%,主成分 2(PC_2)为 30.949%。以上 2 个主成分的累积贡献率为 83.617%,能够全面反映所测鸡汤制品核磁共振 6 个变量的全部原始信息。由表 8 可知, PC_1 与弛豫时间 T_{21} 、峰面积 S_1 、峰面积 S_2 、弛豫时间 T_{23} 、峰面积 S_3 呈显著相关; PC_2 与弛豫时间 T_{22} 、峰面积 S_2 、弛豫时间 T_{23} 呈显

著相关。根据表 7 中特征值和表 8 成分矩阵可计算出 2 个主成分的模型如下:

$$F_1 = 0.531X_1 + 0.534X_2 - 0.131X_3 - 0.321X_4 - 0.435X_5 + 0.329X_6;$$

$$F_2 = 0.101X_1 + 0.062X_2 + 0.705X_3 + 0.600X_4 - 0.318X_5 + 0.165X_6;$$

根据 $F = 0.630F_1 + 0.370F_2$ 计算主成分得分及排名。

表 5 5 种鸡汤制品的 LF-NMR 核磁数据

弛豫参数	原味鸡汤	吴太婆牌鸡汤	浓汤宝勾兑鸡汤	太太乐勾兑鸡汤	史云生清鸡汤
弛豫时间 T_{21} (ms)	24.17 ± 2.11 ^a	12.16 ± 1.03 ^b	—	—	—
相对峰面积 S_1	2.44 ± 0.12 ^a	0.63 ± 0.02 ^b	—	—	—
顶点信号值 P_1	0.16 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	—	—	—
相对峰比例 A_1	0.06 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.00 ^b	—	—	—
弛豫时间 T_{22} (ms)	225.64 ± 3.55 ^a	162.95 ± 4.28 ^b	391.64 ± 2.78 ^a	116.15 ± 1.52 ^c	165.67 ± 2.16 ^b
相对峰面积 S_2	40.75 ± 1.85 ^c	20.21 ± 0.93 ^d	121.33 ± 4.23 ^a	37.42 ± 1.56 ^d	45.48 ± 2.13 ^b
顶点信号值 P_2	0.28 ± 0.05 ^b	0.19 ± 0.03 ^c	0.49 ± 0.06 ^a	0.23 ± 0.04 ^{bc}	0.44 ± 0.06 ^{ab}
相对峰比例 A_2	1.36 ± 0.02 ^{bc}	0.48 ± 0.01 ^d	2.88 ± 0.02 ^a	0.77 ± 0.02 ^c	1.41 ± 0.03 ^b
弛豫时间 T_{23} (ms)	1700.01 ± 15.23 ^d	2186.42 ± 23.45 ^a	2180.34 ± 14.88 ^{bc}	2365.18 ± 18.45 ^c	2053.34 ± 19.52 ^b
相对峰面积 S_3	2952.01 ± 23.12 ^a	3209.31 ± 32.45 ^a	2744.76 ± 30.98 ^{bc}	2223.51 ± 29.82 ^c	3172.23 ± 42.24 ^b
顶点信号值 P_3	2.77 ± 0.02 ^b	3.03 ± 0.04 ^a	2.56 ± 0.03 ^{bc}	2.67 ± 0.04 ^b	2.47 ± 0.07 ^c
相对峰比例 A_3	98.56 ± 0.41 ^a	99.51 ± 3.53 ^a	97.11 ± 2.52 ^b	99.22 ± 2.43 ^a	98.59 ± 1.87 ^a

注:同列不同小写字母上标表示数值间差异显著($P < 0.05$)。

表 6 不同鸡汤制品理化指标与 LF-NMR 数据的相关性分析

项目	粗脂肪	粗蛋白	固形物	L^* 值	a^* 值	b^* 值	T_{21}	T_{22}	T_{23}	峰面积 S_1	峰面积 S_2	峰面积 S_3
粗脂肪	1	0.616	0.912 [*]	0.682	0.329	0.597	0.974 ^{**}	-0.270	-0.676	0.917 [*]	-0.592	0.321
粗蛋白		1	0.772	0.832	0.422	0.900 [*]	0.752	0.509	-0.726	0.702	0.134	0.634
固形物			1	0.919 [*]	0.143	0.860	0.914 [*]	-0.006	-0.53	0.802	-0.376	0.374
L^* 值				1	-0.047	0.981 ^{**}	0.731	0.317	-0.363	0.606	-0.040	0.341
a^* 值					1	0.048	0.389	-0.100	-0.743	0.413	-0.262	0.796
b^* 值						1	0.680	0.446	-0.406	0.562	0.083	0.450
T_{21}							1	-0.061	-0.792	0.970 ^{**}	-0.409	0.371
T_{22}								1	-0.174	0.002	0.920 [*]	0.058
T_{23}									1	-0.870	0.097	-0.499
峰面积 S_1										1	-0.305	0.261
峰面积 S_2											1	-0.204
峰面积 S_3												1

注: *表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$ 。

表 7 主成分特征根及贡献率

主成分	特征值	贡献率	累计贡献率
主成分 1	3.160	52.688	52.688
主成分 2	1.857	30.949	83.617

由表 9 可知,原味鸡汤主成分得分最高,其次是浓缩类鸡汤,勾兑类鸡汤综合得分最低。选用 PC_1 和 PC_2 的综合评价指标得分值矢量制作 PCR 得分图,如图 3 所示,每一个圈代表一种鸡汤制品的整体特性,其中 3 个记号点分别代表此鸡汤制

品的 3 个平行样品,不同样品之间的品质差异与样品间隔距离成正比,即距离越远样品品质差异越大。由图 3 可知,5 种不同的鸡汤制品在得分图上可以明显区分,其中原味鸡汤与吴太婆牌鸡汤、史云生清鸡汤两种浓缩鸡汤距离较近,与浓汤宝、太太乐勾兑鸡汤的距离较远,从而可直观清晰地对 5 种鸡汤制品进行识别。

表 8 5 种鸡汤制品核磁数据的成分矩阵

元素	PC ₁ 荷载	PC ₂ 荷载
T_{21}	0.944	0.138
S_1	0.949	0.085
T_{22}	-0.232	0.961
S_2	-0.571	0.818
T_{23}	-0.805	-0.433
S_3	0.584	0.225

表 9 5 种鸡汤制品主成分得分、综合得分及排名

样品名	F_1	F_2	$F_{\text{合}}$	排名
原味鸡汤	172.26	132.36	157.50	1
吴太婆鸡汤	44.91	-37.41	14.45	3
浓汤宝勾兑鸡汤	-174.92	108.44	-70.08	4
太太乐勾兑鸡汤	-367.12	-280.91	-335.22	5
史云生清鸡汤	77.20	14.54	54.02	2

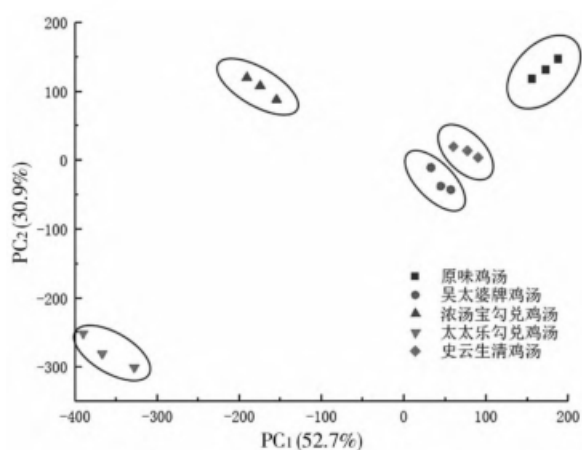


图 3 5 种不同鸡汤制品的主成分得分

2.8 不同鸡汤样品感官评分与主成分得分的相关性分析

利用 Pearson 相关性分析法对鸡汤感官评分与主成分得分进行相关性分析,结果如表 10 所示,鸡汤感官评价得分与主成分分析综合评分 $F_{\text{合}}$

相关系数为 0.896,具有显著性相关性 ($P < 0.05$)。表明低场核磁共振数据的主成分分析结果与感官评价结果具有较好的一致性。

表 10 不同鸡汤样品感官评价结果及相关性分析

指标	F_1	F_2	$F_{\text{合}}$	感官评分
F_1	1	0.716	0.973 **	0.948 *
F_2		1	0.857	0.599
$F_{\text{合}}$			1	0.896 *
感官评分				1

注: *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$ 。

3 结论

结果表明,基于鸡汤中水分的 LF-NMR 弛豫特性,结合主成分分析对不同鸡汤制品进行检测区分具有可行性。并且 LF-NMR 弛豫特性的数据与鸡汤的理化成分和感官评价都具有较好的相关性,预示着低场核磁共振在食材品质方面的鉴别有良好的应用前景。就本研究而言,后续可针对鸡汤建立 LF-NMR 弛豫特性参数与鸡汤营养参数和理化指标方面的数学模型,以便使低场核磁共振技术在鸡汤的区识别方面能得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] 周建武,柯李晶,邵彪,等. 汤的威力:食品科学新知[J]. 中国食品学报,2011,11(8):9-15.
- [2] 聂永庆. 多喝汤 保安康[J]. 家庭中医药,2003(5):56.
- [3] 吴鹏,高子武,还传明,等. 油炸糊配方对速食鸡块得率及质构的影响[J]. 美食研究,2020,37(4):51-56.
- [4] 薛伟,曹仲文,陆可佳. 基于模糊数学和响应面优化鸡骨架鲫鱼汤研究[J]. 美食研究,2021,38(4):54-60.
- [5] 姜潮,韩剑众,范佳利,等. 低场核磁共振结合主成分分析法快速检测掺假牛乳[J]. 农业工程学报,2010,26(9):340-344.
- [6] ZHU W R, WANG X, CHEN L H. Rapid detection of peanut oil adulteration using low-field nuclear magnetic resonance and chemometrics [J]. Food Chemistry, 2017, 216:268-274.
- [7] 尹奇峰. 面向食用油品质鉴别的低场核磁共振检测平台的研制[D]. 南京:东南大学,2017.

- [8] 杜蘅,胡毓元,盖争艳,等. 低场核磁共振技术在油脂掺伪鉴别中的应用[J]. 中国粮油学报,2019,34(3): 105–110.
- [9] 程素盼,姜姣姣,赵恒强,等. 基于低场核磁共振技术的不同品牌黄明胶的快速鉴别初探[J]. 食品与药品,2019,21(2):90–93.
- [10] 姜潮,韩剑众. 基于低场核磁共振技术的大米品种快速鉴别[J]. 食品工业科技,2012,33(6):64–66.
- [11] 吴艺影,章倩汝,韩剑众,等. 基于低场核磁共振技术的注胶肉快速检测[J]. 肉类研究,2013,27(3): 26–29.
- [12] 杜华英,叶慧,高国清,等. 不同熬制方法对鸡汤品质的影响[J]. 肉类研究,2013,27(7):26–29.
- [13] 中华人民共和国轻工业部. 罐头食品净重和固形物含量的测定:QB 1007—1990[S]. 北京:中国标准出版社,1991.
- [14] 张龙,李晶,许志华,等. 沥油去脂工艺及对鸡汤品质影响研究[C]//中国家用电器协会. 2021年中国家用电器技术大会论文集. 北京:《电器》杂志社, 2021:1588–1592.
- [15] 沈晖. 扬州鹅煲汤过程中固形物含量的变化分析[J]. 美食研究,2018,35(4):49–52.
- [16] 盖圣美,张中会,邹玉峰,等. 利用低场核磁共振检测分析注水猪肉水分子弛豫特性[J]. 食品安全质量检测学报,2017,8(6):1980–1986.

Using LF – NMR to analyse and differentiate nutritional quality of chicken soup

ZHANG Tanglei^{1,2}, SHEN Haijun^{1,3}, GAO Ziwu¹, CAO Zhongwen^{1,4}

(1. School of Tourism and Cuisine, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2. Department of Cuisine, Yangzhou Life Science and Technology School, Yangzhou, Jiangsu 225100, China;

3. Department of Cuisine, Yangzhou College of Tourism and Commerce, Yangzhou, Jiangsu 225001, China;

4. Key Laboratory of Chinese Cuisine Intangible Cultural Heritage Technology Inheritance, Ministry of Culture and Tourism, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: The original, concentrated (Wutaipo Brand and Shiyunsheng Brand) and blended chicken soup (Knorr Soup Treasure and Totole Brand Chicken Sauce Concentrate) were compared in the content and color difference of common nutrients (crude fat, crude protein and solids) and sensory scores. Low – field nuclear magnetic resonance (LF – NMR) combined with principal component analysis (PCA) was used to distinguish the differences. The results showed that the original chicken soup had the highest nutritional content and sensory scores; LF – NMR combined with PCA could clearly distinguish the types of chicken soup. There was a good correlation among the three nutritional component parameters, suggesting feasible application of LF – NMR in identifying food quality.

Key words: chicken soup; Low Field NMR (LF-NMR); principal component analysis

(责任编辑:赵 勇)