

鸡蛋贮藏期间风味特征的电子感官分析

马美湖, 毕玉芳, 张茂杰, 何莹

(华中农业大学食品科技学院, 国家蛋品加工技术研发分中心, 湖北武汉 430070)

摘要: 为了探讨鸡蛋贮藏期间风味特征的变化规律, 本文运用电子舌、电子鼻现代电子感官系统, 分别测定不同贮藏时间的鸡蛋的滋味特征及气味特征。电子舌结果表明: 贮藏期间, 蛋清、蛋黄的苦味、鲜味、酸味变化明显。4±1℃下, 蛋清苦味输出值、鲜味输出值均在第20d出现最大变化, 23±1℃下, 蛋清苦味输出值、鲜味输出值均在第10d出现最大变化, 两种贮藏温度下, 蛋清的酸味输出值均于第30d出现最大变化。4±1℃、23±1℃下, 蛋黄苦味输出值在第10d变化最大, 鲜味输出值在第20d变化最大, 酸味输出值在第30d时变化最大。电子鼻结果表明: 4±1℃、23±1℃下, 不同贮藏时间的蛋清、蛋黄的气味特征分别不同, 且23±1℃下的气味特征呈现出一定的变化规律。

关键词: 鸡蛋风味; 贮藏; 电子舌; 电子鼻; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2015)8-293-300

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.8.046

Analysis of Egg Flavor Change during Storage Period by Electronic Sensory

Methods

MA Mei-hu, BI Yu-fang, ZHANG Mao-jie, HE Ying

(National Research and Development Center for Egg Processing, College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: There are few reports about using electronic sensory to analyze the egg flavor characteristics during the period of storage domestic and abroad. To quickly investigate the change of egg flavor during storage period, electronic tongue and electronic nose were used to determine the taste and odor traits of eggs with different storage times. The output values of electronic tongue were analyzed with variance analysis, and the electronic nose with principal component analysis (PCA). The electronic tongue results showed that during storage period, the bitterness, umami, and sourness output values of egg whites changed significantly. Bitterness output values, umami output values of egg whites stored at 4±1℃ and 23±1℃ changed mostly at 20th day and 10th day, respectively. The sourness output values of two groups had a biggest change at the 30th day. The bitterness, bitterness after taste, umami and sourness output values of egg yolk changed significantly during storage. Bitterness output values of yolks stored at 4±1℃ and 23±1℃ changed mostly at the 10th day. The biggest change of umami appeared at the 20th day. Sourness output values of two groups changed mostly at the 30th day. The results of the electronic nose showed that both egg whites and egg yolks at different storage times have different odor characteristics at 4±1℃, and presented a certain rule of changing along with the storage time at 23±1℃.

Key words: egg flavor; storage period; electric tongue; electric nose; principal component analysis

鸡蛋在贮藏期间, 成分会发生不同程度变化导致风味品质改变。但是关于贮藏期间鸡蛋风味特征的变化研究较少。1975年, MacLeod和Cave^[1]用改良的Likens-Nickerson提取装置结合气相色谱-质谱联用技术检测到加热后鸡蛋产生的挥发性气体有115种。Umamo^[2]等运用吹扫捕集和气-质联用对全蛋、蛋黄、蛋白加热后进行检测, 总共鉴别出141种气体组分, 收稿日期: 2015-02-06

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-41-K23); 公益性行业(农业)科研专项(201303084)

通讯作者: 马美湖(1957-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 肉类蛋品科学研究

全蛋产生的挥发成分主要是烷基苯、腈类和酮类, 蛋黄主要是醛类和吡嗪, 蛋清主要是丙酮和吡嗪。Christoph Cerny Ren é Guntz^[3]运用气质仪结合芳香萃取物稀释分析法(AEDA)检测到加热后的蛋黄产生41种气体, 并对其中的19种成分定性, 筛选出高稀释因子(FD)的气体成分作为蛋黄的主要气味物质。国内冯月超等^[4]把蛋黄分为极性脂成分、非极性脂成分和非脂质成分, 对不同组合进行加热, 结合感官分析发现蛋黄的特征香味是由蛋黄中的非脂溶性成分与极性脂溶性成分共同作用产生。但是, 国内外有关贮藏温度与时间对鸡蛋风味的影响鲜有报道, 尤其采用电子舌、电子鼻等现代智能系统快速测定分析鸡蛋的风味变化

规律的研究更少。

作为一种便捷、客观的风味品质评价手段,电子感官系统(电子鼻、电子舌)已经广泛用于食品品质的分析,包括食品的区别分析、食物的品质好坏的预测判断等。邹小波、赵杰文^[5]通过电子鼻系统测定谷物的挥发性气体特征,结合数学模型可以判断谷物是否霉变。吴瑞梅等^[6]为了比较化学仪器方法和电子舌方法对绿茶滋味感官品质表征的效果,分别建立茶汤中10种滋味成分含量与滋味感官评分、传感器响应值与滋味感官评分之间的数学模型,结果表明,电子鼻和电子舌两种评价方法都可靠,但是电子舌的预测效果更好。

食品风味特征主要包括滋味特征和气味特征,是很重要的食品品质之一。为了探讨鸡蛋在贮藏期间风味品质的变化规律,本实验分别将新鲜的鸡蛋在 $4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏40 d,每10 d取样一次,采用日本INSENT公司生产的TS-5000Z电子舌系统,对两种贮藏条件下的鸡蛋的具体滋味属性(酸味、苦味、涩味、鲜味、苦味的回味、涩味的回味、鲜味的丰富度)进行测定分析;运用法国Alpha M O S公司的FOX4000电子鼻系统分析两种贮藏条件下鸡蛋的挥发性气体成分的区别,旨在通过电子鼻、电子舌相结合的方法快速探明鸡蛋在贮藏期间风味特征变化的基本规律。

1 材料与方 法

1.1 材 料

新鲜(于采购当日生产)海兰褐壳蛋,购于武汉市九峰山养鸡场;氯化钾、氢氧化钾、L(+)-酒石酸、无水乙醇、浓盐酸,均为分析纯;电子舌:TS-5000Z智能味觉分析系统,日本INSENT公司;电子鼻,FOX4000,法国Alpha M O S公司;高速冷冻离心机:Sigma3-30K,德国sigma公司;均质机:FJ-200,上海标本模型厂;蒸蛋器,小熊牌。

1.2 方 法

1.2.1 实验设计与分组

新鲜鸡蛋100枚,随机分成2组,每组50枚。分别于 $4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏40 d,每10 d取样一次,每次分别从两组鸡蛋中随机取蛋10枚用于电子感官分析。

1.2.2 样品处理方式或操作程序

1.2.2.1 电子舌测试方法

电子舌正极清洗液配制:准确称量7.46 g氯化钾,

用500 mL蒸馏水搅拌溶解,然后加入300 mL无水乙醇,边搅拌边加入准确称量的0.56 g氢氧化钾,溶解完毕后,转移到1000 mL的容量瓶,定容。负极清洗液配制:准确量取300 mL无水乙醇,与500 mL蒸馏水震荡混合,然后加入8.30 mL的浓盐酸,搅拌混合转移到1000 mL的容量瓶,定容。参比液配制:准确称量2.24 g氯化钾和0.045 g酒石酸用500 mL水溶解,然后转移到1000 mL的容量瓶,定容。

样品准备:每组鸡蛋依次排列并编号,每次随机选出10枚。用蒸蛋器把10枚蛋煮熟(蒸10 min),蛋黄、蛋清分离并研碎混匀,各取30 g,加蒸馏水80 mL,高速均质,冷冻离心(10000 r/min, 12 min),取上清液于100 mL容量瓶定容,此为待测液。

电子舌测试程序:首先在清洗液中清洗90 s,接着用参比液清洗120 s,继续用另一参比液清洗120 s,传感器在平衡位置归零30 s,达到平衡条件后,开始测试,测试时间30 s,在两组参比液中分别短暂清洗3 s,传感器插入新的参比液中测试回味30 s,循环测试4次,去掉第1循环,取后3次数据用于分析。每次清洗、平衡和测试回味的液体均分布在不同样品杯中,每个样品3次平行。

1.2.2.2 电子鼻测试方法

样品准备:每组随机选出10枚蛋(与电子舌的样品相同)。用蒸蛋器把10枚蛋煮熟(蒸10 min),蛋黄、蛋清分离并研碎、混匀,各取3.0 g,放于电子鼻样品瓶中,并盖好瓶盖,待测。

电子鼻测试程序:参考贾洪峰^[7]的方法,略作修改。顶空产生时间300 s,顶空产生温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。载气(合成干燥空气)流速150 mL/min,进样体积2 mL,进样速度2 mL/s。每隔1 s采集一次数据,共采集120 s,延滞时间300 s,每个传感器的最大响应值作为输出值。每个样品做4个平行。

1.2.3 数据分析

用SPSS17.0对电子舌数据进行显著性分析并用Excel作图。用电子鼻自带软件Alphasoft12.4对电子鼻数据进行主成分分析(PCA)。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间蛋清滋味特征 的电子舌测定结果

鸡蛋 $4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏期间电子舌对蛋清味觉响应值测定结果见表1,8种风味特征变化趋势见图1。结果表明, $4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏第10 d,蛋清鲜味和苦味出现

明显变化, 输出值较鲜蛋分别变化 29.85%、24.17%。10~20 d 期间, 鲜味输出值继续上升, 苦味输出值继续下降。第 20 d 时, 鲜味输出值最大, 苦味输出值最小, 较新鲜鸡蛋分别变化 36.82%、27.80%。20~40 d

期间, 鲜味输出值下降, 苦味输出值上升。第 20d 时, 咸味输出值最大, 较新鲜鸡蛋上升 44.72%。酸味输出值在第 30 d 时出现最大值, 较新鲜鸡蛋变化 5.36%。

表 1 贮藏期间电子舌对蛋清的味觉响应值的方差分析结果

Table 1 Significance analysis of the taste response values of cooked egg white during storage periods

贮藏温度	味觉特征	贮藏时间				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
4±1 °C	酸味	-54.67±0.84 ^b	-55.13±0.43 ^{bc}	-54.79±0.40 ^b	-51.74±0.08 ^a	-55.97±0.41 ^c
	苦味	12.95±1.00 ^a	9.82±0.51 ^c	9.35±0.02 ^c	11.35±0.42 ^b	12.82±0.82 ^a
	涩味	-0.14±0.29 ^b	0.16±0.04 ^a	-0.69±0.02 ^c	0.22±0.03 ^a	0.32±0.07 ^a
	苦味回味	0.59±0.25 ^b	0.66±0.42 ^b	-0.50±0.09 ^c	1.05±0.60 ^b	2.91±1.01 ^a
	涩味回味	-0.41±0.16 ^b	-0.47±0.02 ^b	-0.41±0.02 ^b	0.61±0.01 ^a	0.52±0.02 ^a
	鲜味	12.33±0.19 ^d	16.01±0.22 ^b	16.87±0.23 ^a	14.87±0.20 ^c	15.88±0.13 ^b
	鲜味丰富度	0.44±0.04 ^b	0.17±0.02 ^c	-0.20±0.03 ^d	1.97±0.11 ^a	0.46±0.14 ^b
	咸味	2.46±0.04 ^b	1.75±0.04 ^d	3.56±0.03 ^a	1.96±0.04 ^c	1.99±0.06 ^c
	23±1 °C	酸味	-54.67±0.84 ^b	-56.24±0.21 ^c	-53.7±0.35 ^b	-52.14±0.8 ^a
	苦味	12.95±1 ^a	8.94±0.77 ^c	10.87±0.37 ^b	11.19±0.74 ^b	11.07±0.5 ^b
	涩味	-0.14±0.29 ^c	0.49±0.02 ^a	-0.63±0.03 ^c	0.13±0.06 ^b	0.26±0.03 ^{ab}
	苦味回味	0.59±0.25 ^{ab}	0.02±0.57 ^b	1.51±0.39 ^a	1.36±0.88 ^a	1.3±0.69 ^a
	涩味回味	-0.41±0.16 ^c	-0.37±0.04 ^c	0.02±0.01 ^b	0.54±0.05 ^a	0.5±0.02 ^a
	鲜味	12.33±0.19 ^d	16.81±0.24 ^a	16.76±0.21 ^a	15.05±0.31 ^c	15.88±0.27 ^b
	鲜味丰富度	12.33±0.19 ^b	16.81±0.24 ^c	16.76±0.21 ^d	15.05±0.31 ^a	15.88±0.27 ^b
	咸味	2.46±0.04 ^b	1.45±0.02 ^e	3.65±0.04 ^a	1.88±0.02 ^d	1.95±0.02 ^c

注: 表中数据为均值±标准偏差, 同一行中的不同上标字母代表在 0.05 水平上存在显著性差异。

表 2 贮藏期间电子舌对蛋黄的味觉响应值的方差分析结果

Table 2 Significance analysis of the taste response values of cooked egg yolk during storage periods

贮藏温度	滋味特征	贮藏时间				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
4±1 °C	酸味	-25.39±0.21 ^d	-23.45±0.19 ^b	-22.86±0.53 ^b	-20.39±0.19 ^a	-24.56±0.39 ^c
	苦味	11.38±2.15 ^a	3.58±0.07 ^b	3.65±0.28 ^b	4.62±0.03 ^b	4.94±0.06 ^b
	涩味	-2.81±0.5 ^a	-2.94±0.03 ^b	-2.97±0.14 ^{cd}	-2.78±0.13 ^d	-2.3±0.18 ^c
	苦味回味	1.42±0.38 ^a	0.47±0.02 ^b	-0.1±0.05 ^d	-0.28±0.13 ^{bc}	0.07±0.03 ^{cd}
	涩味回味	0.32±0.24 ^d	0.06±0.03 ^b	-0.33±0.03 ^a	-0.1±0.04 ^c	-0.17±0.02 ^c
	鲜味	2.98±0.17 ^d	4.75±0.22 ^b	5.99±0.08 ^a	3.93±0.21 ^c	4.16±0.37 ^c
	鲜味丰富度	0.84±0.04 ^a	0.83±0.03 ^a	0.63±0.03 ^b	0.86±0.05 ^a	0.4±0.01 ^c
	咸味	1.59±0.07 ^b	1.19±0.04 ^d	1.74±0.08 ^a	1.41±0.03 ^c	0.69±0.01 ^e
	23±1 °C	酸味	-25.39±0.21 ^d	-23.52±0.42 ^b	-21.63±0.24 ^b	-21.34±0.33 ^a
	苦味	11.38±2.15 ^a	3.35±0.14 ^b	3.95±0.1 ^b	5.07±0.36 ^b	6.25±0.31 ^b
	涩味	-2.81±0.5 ^b	-2.76±0.1 ^b	-2.8±0.06 ^b	-2.7±0.03 ^b	-2.65±0.16 ^a
	苦味回味	1.42±0.38 ^a	0.39±0.06 ^b	0.06±0.06 ^{cd}	0.02±0.48 ^d	-0.46±0.39 ^c
	涩味回味	0.32±0.24 ^a	0.01±0.04 ^b	-0.01±0.04 ^d	-0.17±0.02 ^{bc}	-0.32±0.01 ^{cd}
	鲜味	2.98±0.17 ^d	5.02±0.36 ^b	5.3±0.3 ^a	3.94±0.12 ^c	4.36±0.13 ^c
	鲜味丰富度	0.84±0.04 ^a	0.87±0.02 ^a	0.54±0.03 ^b	1.09±0.03 ^a	0.48±0.01 ^d
	咸味	1.59±0.07 ^b	1.12±0.03 ^d	2.05±0.08 ^a	1.33±0.02 ^c	0.93±0.08 ^e

注：表中数据为均值±标准偏差，同一行中的不同上标字母代表在 0.05 水平上存在显著性差异。

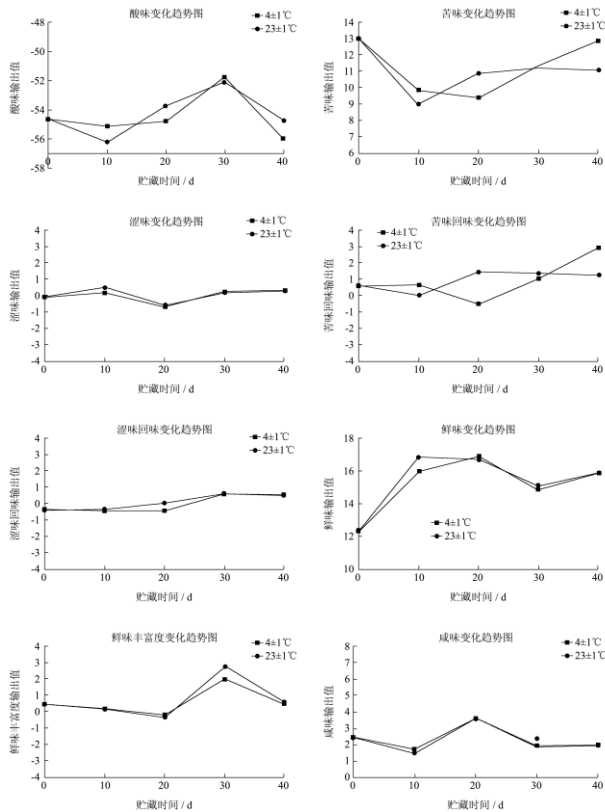


图 1 贮藏期间蛋清味觉输出值的变化趋势图

Fig.1 Line chart of taste response values of egg white during storage periods

23±1 °C 贮藏第 10 d, 蛋清鲜味输出值最大, 较新鲜蛋清变化 36.33%, 之后开始下降, 第 30 d 较新鲜鸡蛋上升 22.06%, 之后变化不大至贮藏结束。蛋清苦味输出值在第 10 d 时最小, 较新鲜蛋清变化 30.97%, 之后开始上升, 20 d 时较新鲜鸡蛋下降 16.06%, 至贮藏结束变化不大。咸味输出值与新鲜鸡蛋相比, 贮藏第 10 d, 下降 41.06%, 第 20 d 时上升 48.37%, 第 30 d 下降 23.58%, 40 d 下降 20.73%。酸味输出值第 30 d 发生较大变化, 与新鲜蛋相比, 变化 4.63%。

2.2 贮藏期间蛋黄滋味特征电子舌测定结果

鸡蛋 4±1 °C、23±1 °C 贮藏期间电子舌对蛋黄味觉响应值测定结果见表 2, 8 种风味特征变化趋势见图 2。结果表明, 4±1 °C 贮藏第 10 d 时, 蛋黄苦味输出值变化明显, 到达最小值, 较新鲜蛋黄变化 68.54%, 10~40 d 期间没有显著变化。苦味回味在贮藏期间不断下降, 40 d 时较新鲜鸡蛋变化 95.07%。第 20 d 时, 蛋黄鲜味输出值最大, 较新鲜蛋黄变化 101.00%, 之后开始下降, 与新鲜鸡蛋相比, 30 d 时上升 31.88%, 40 d 时

上升 39.60%。酸味输出值在第 30 d 达到最高, 较新鲜蛋黄变化 19.69%。咸味输出值在第 20 d 达到最大值, 较新鲜鸡蛋变化 9.43%。

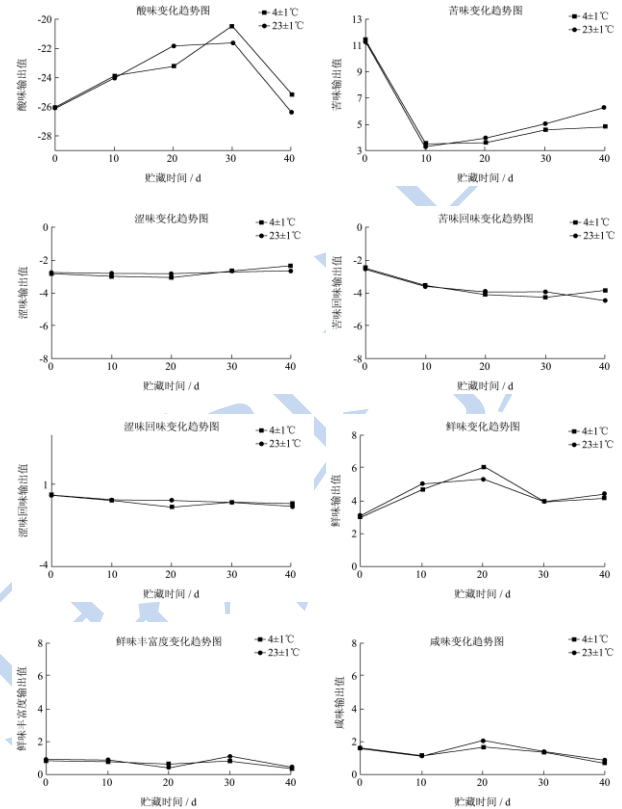


图 2 贮藏期间蛋黄的味觉输出值的变化趋势图

Fig.2 Line chart of taste response values of egg yolk during storage periods

23±1 °C 贮藏到第 10 d, 蛋黄苦味输出值到达最小, 较新鲜鸡蛋变化 70.56%, 10~40 d 期间没有显著变化。苦味回味在贮藏期间不断下降, 40 d 时较新鲜鸡蛋变化 132.39%。鲜味输出值第 10 d 变化明显, 较新鲜鸡蛋上升 68.46%, 第 20 d 时输出值最大, 较新鲜鸡蛋上升 77.85%。在贮藏期间, 酸味输出值不断上升, 第 30 d 最大, 较新鲜鸡蛋变化 15.95%。第 20 d 咸味输出值最大, 较新鲜鸡蛋变化 28.93%。

2.3 贮藏期间蛋清气味变化的电子鼻测定结果

鸡蛋 4±1 °C 贮藏期间电子鼻对蛋清嗅觉响应值测定结果见表 3, 主成分分析结果见图 3。主成分分析的第一主成分和第二主成分分别反映了原变量 80%、15% 的信息, 从图 3 能得出不同贮藏时间的蛋清与主成分的关系。新鲜蛋清与贮藏 10 d 的蛋清分布在 PC2 的负方向, 分布有一定的重叠, 说明贮藏前 10 d 蛋清

气味特征变化不明显, 20 d、30 d、40 d 的蛋清能够完全区分。这些变化说明 4±1 °C 贮藏 40 d 内, 蛋清气味

表 3 贮藏期间蛋清的电子鼻数据方差分析结果

Table 3 Significance analysis of the electronic nose response values of cooked egg white during storage periods

传感器	温度	贮藏时间				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
LY2/LG	4±1 °C	0.41±0.11 ^{ab}	0.3±0.06 ^b	0.47±0.09 ^a	0.09±0.04 ^c	0.34±0.05 ^b
	23±1 °C	0.41±0.11 ^a	0.27±0.07 ^b	0.13±0.03 ^c	0.17±0.03 ^c	0.27±0.02 ^b
LY2/G	4±1 °C	-0.18±0.02 ^c	-0.15±0.02 ^b	-0.14±0.02 ^b	-0.04±0.00 ^a	-0.14±0.01 ^b
	23±1 °C	-0.18±0.02 ^c	-0.14±0.02 ^d	-0.04±0.01 ^a	-0.06±0.00 ^b	-0.11±0.01 ^c
LY2/AA	4±1 °C	-0.29±0.03 ^d	-0.24±0.03 ^c	-0.2±0.03 ^b	-0.04±0.00 ^a	-0.2±0.01 ^b
	23±1 °C	-0.29±0.03 ^c	-0.21±0.03 ^d	-0.05±0.01 ^a	-0.08±0.01 ^b	-0.14±0.01 ^c
LY2/GH	4±1 °C	-0.16±0.02 ^c	-0.14±0.02 ^{bc}	-0.13±0.02 ^b	-0.03±0.00 ^a	-0.13±0.01 ^b
	23±1 °C	-0.16±0.02 ^c	-0.13±0.01 ^d	-0.04±0.00 ^a	-0.06±0.00 ^b	-0.1±0.01 ^c
LY2/gCTL	4±1 °C	-0.25±0.04 ^c	-0.24±0.03 ^{bc}	-0.2±0.03 ^b	-0.06±0.01 ^a	-0.21±0.02 ^b
	23±1 °C	-0.25±0.04 ^d	-0.21±0.03 ^c	-0.07±0.01 ^a	-0.08±0.01 ^a	-0.14±0.02 ^b
LY2/gCT	4±1 °C	-0.04±0.00 ^d	-0.04±0.00 ^d	-0.04±0.00 ^c	-0.02±0.00 ^a	-0.03±0.00 ^b
	23±1 °C	-0.04±0.00 ^c	-0.04±0.00 ^d	-0.02±0.00 ^a	-0.02±0.00 ^b	-0.03±0.00 ^c
T30/1	4±1 °C	0.29±0.02 ^a	0.27±0.02 ^a	0.27±0.02 ^a	0.21±0.01 ^b	0.27±0.02 ^a
	23±1 °C	0.29±0.02 ^{ab}	0.27±0.01 ^{bc}	0.25±0.01 ^c	0.28±0.01 ^b	0.31±0.02 ^a
P10/1	4±1 °C	0.46±0.01 ^{cd}	0.46±0.01 ^c	0.51±0.01 ^a	0.45±0.00 ^d	0.47±0.01 ^b
	23±1 °C	0.46±0.01 ^b	0.46±0.00 ^b	0.48±0.00 ^c	0.45±0.01 ^b	0.46±0.01 ^b
P10/2	4±1 °C	0.35±0.01 ^d	0.34±0.00 ^d	0.43±0.01 ^a	0.36±0.00 ^c	0.38±0.00 ^b
	23±1 °C	0.35±0.01 ^d	0.36±0.01 ^{bc}	0.39±0.00 ^a	0.35±0.01 ^{cd}	0.37±0.01 ^b
P40/1	4±1 °C	0.46±0.00 ^c	0.47±0.00 ^b	0.5±0.01 ^a	0.45±0.00 ^d	0.45±0.00 ^d
	23±1 °C	0.46±0.00 ^b	0.45±0.00 ^{bc}	0.48±0.00 ^a	0.45±0.01 ^{cd}	0.44±0.01 ^d
T70/2	4±1 °C	0.2±0.02 ^a	0.18±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a	0.14±0.00 ^b	0.2±0.01 ^a
	23±1 °C	0.2±0.02 ^{ab}	0.19±0.01 ^{bc}	0.17±0.01 ^d	0.19±0.01 ^{bc}	0.22±0.02 ^a
PA/2	4±1 °C	0.36±0.03 ^{ab}	0.33±0.02 ^b	0.37±0.03 ^a	0.25±0.01 ^c	0.37±0.02 ^a
	23±1 °C	0.36±0.03 ^a	0.33±0.02 ^a	0.26±0.01 ^b	0.29±0.01 ^b	0.35±0.02 ^a
P30/1	4±1 °C	0.23±0.02 ^c	0.21±0.02 ^{cd}	0.26±0.02 ^b	0.2±0.01 ^d	0.29±0.02 ^a
	23±1 °C	0.23±0.02 ^c	0.23±0.01 ^c	0.3±0.02 ^b	0.32±0.02 ^b	0.38±0.04 ^a
P40/2	4±1 °C	0.16±0.02 ^b	0.15±0.01 ^b	0.2±0.02 ^a	0.1±0.00 ^c	0.19±0.01 ^a
	23±1 °C	0.16±0.02 ^{ab}	0.15±0.01 ^b	0.12±0.01 ^c	0.13±0.01 ^c	0.18±0.01 ^a
P30/2	4±1 °C	0.19±0.02 ^a	0.18±0.02 ^a	0.21±0.03 ^a	0.07±0.00 ^b	0.2±0.01 ^a
	23±1 °C	0.19±0.02 ^a	0.16±0.01 ^b	0.09±0.00 ^c	0.1±0.00 ^c	0.16±0.01 ^b
T40/2	4±1 °C	0.11±0.01 ^b	0.1±0.00 ^b	0.15±0.01 ^a	0.09±0.00 ^c	0.14±0.01 ^a
	23±1 °C	0.11±0.01 ^b	0.11±0.00 ^b	0.1±0.00 ^c	0.09±0.00 ^c	0.13±0.01 ^a
T40/1	4±1 °C	0.24±0.01 ^d	0.27±0.02 ^{cd}	0.35±0.00 ^a	0.3±0.02 ^{bc}	0.32±0.03 ^b
	23±1 °C	0.24±0.01 ^d	0.25±0.03 ^{bc}	0.32±0.02 ^a	0.29±0.04 ^{ab}	0.28±0.01 ^{bc}
TA/2	4±1 °C	0.3±0.01 ^d	0.3±0.01 ^d	0.41±0.00 ^a	0.33±0.01 ^c	0.36±0.01 ^b
	23±1 °C	0.3±0.01 ^d	0.32±0.01 ^c	0.39±0.01 ^a	0.32±0.01 ^c	0.35±0.01 ^b

注: 表中数据为均值±标准偏差, 同一行中的不同上标字母代表在 0.05 水平上存在显著性差异。

对 23±1 °C 下的电子鼻数据做主成分分析, 结果反映了原变量 80% 和 12% 的信息, 从图中看出不同贮藏时间的蛋清有明显区别, 且不同贮藏时间的蛋清在图

上对应的 PC1 的区间不同。贮藏 0 d、10 d 的蛋清落在第一主成分的正区间，20 d、30 d、40 d 的蛋清对应的 PC1 值从负区间到正区间依次增大。从 PC2 坐标看来，0~20 d 的样品分布在 PC2 负方向，随贮藏时间的延长，30 d、40 d 的蛋清依次落在 PC2 的正方向，且对应的 PC2 的值依次增大。这些变化说明蛋清的气味特征与贮藏时间有一定的相关性。

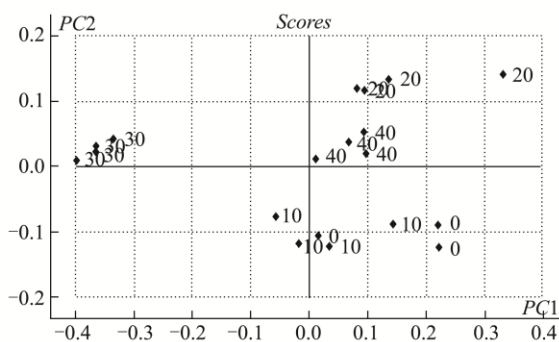


图 3 4±1 °C 贮藏期间熟蛋清电子鼻分析的主成分分析图 (PCA 图) PC1: 80%, PC2: 15%

Fig.3 PCA chart of aroma of cooked egg white during different periods stored at 4±1 °C, PC1: 80%, PC2: 15%

2.4 贮藏期间蛋黄气味变化的电子鼻测定结果

鸡蛋 4±1 °C 贮藏期间电子鼻对蛋黄嗅觉响应值测定结果见表 4，主成分分析结果见图 5。主成分中的第

一主成分和第二主成分分别反映了原变量 47% 和 36% 的信息，从图 5 看出不同贮藏时间的蛋黄区分比较明显，但是分布没有一定的规律性，说明在 4±1 °C 贮藏过程中，蛋黄的气味没有呈现出变化趋势，气味特征变化较小。

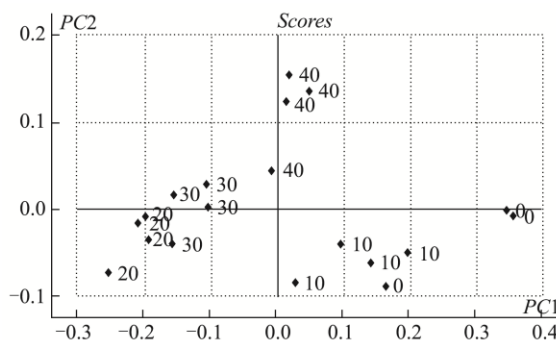


图 4 23±1 °C 贮藏期间蛋清电子鼻分析的主成分分析图 (PCA 图) PC1: 80%, PC2: 12%

Fig.4 PCA chart of aroma of egg white during different periods stored at 23±1 °C, PC1: 80%, PC2: 12%

对 23±1 °C 下的蛋黄的电子鼻数据做主成分分析，结果见图 6。第一主成分和第二主成分分别反映了原变量 69% 和 20% 的信息，从图中看出不同贮藏时间的蛋黄之间有明显区别。贮藏 0 d、10 d 的蛋黄落在 PC2 的负区间，20 d、30 d、40 d 的蛋黄落在 PC2 的正区间，且贮藏 20 d、30 d、40 d 的蛋黄 PC1 值依次增大，说明贮藏期间蛋黄的气味特征变化呈现出规律性。

表 4 贮藏期间蛋黄的电子鼻数据的方差分析结果

Table 4 Significance analysis of the electronic nose response values of cooked egg yolk during storage periods						
传感器	温度	贮藏时间				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
LY2/LG	4±1 °C	0.21±0.02 ^{ab}	0.17±0.06 ^{bc}	0.23±0.00 ^{ab}	0.13±0.05 ^c	0.25±0.04 ^a
	23±1 °C	0.21±0.02 ^b	0.13±0.03 ^c	0.07±0.01 ^d	0.14±0.03 ^c	0.31±0.04 ^a
LY2/G	4±1 °C	-0.1±0.03 ^c	-0.06±0.01 ^a	-0.06±0.00 ^b	-0.04±0.01 ^a	-0.08±0.00 ^b
	23±1 °C	-0.1±0.03 ^b	-0.04±0.00 ^a	-0.03±0.00 ^a	-0.04±0.00 ^a	-0.09±0.00 ^b
LY2/AA	4±1 °C	-0.16±0.05 ^c	-0.07±0.01 ^{ab}	-0.07±0.00 ^{ab}	-0.05±0.01 ^a	-0.1±0.00 ^b
	23±1 °C	-0.16±0.05 ^c	-0.05±0.00 ^a	-0.03±0.00 ^a	-0.05±0.01 ^a	-0.12±0.00 ^b
LY2/GH	4±1 °C	-0.09±0.03 ^d	-0.05±0.01 ^{ab}	-0.05±0.00 ^{bc}	-0.04±0.01 ^a	-0.07±0.00 ^c
	23±1 °C	-0.09±0.03 ^b	-0.04±0.00 ^a	-0.03±0.00 ^a	-0.04±0.00 ^a	-0.09±0.00 ^b
LY2/gCTL	4±1 °C	-0.15±0.03 ^d	-0.08±0.01 ^b	-0.08±0.00 ^b	-0.05±0.01 ^a	-0.11±0.01 ^c
	23±1 °C	-0.15±0.03 ^b	-0.05±0.01 ^a	-0.05±0.00 ^a	-0.06±0.02 ^a	-0.12±0.02 ^b
LY2/gCT	4±1 °C	-0.03±0.00 ^c	-0.02±0.00 ^b	-0.02±0.00 ^b	-0.02±0.00 ^a	-0.02±0.00 ^b
	23±1 °C	-0.03±0.00 ^c	-0.02±0.00 ^a	-0.02±0.00 ^a	-0.02±0.00 ^a	-0.03±0.00 ^b
T30/1	4±1 °C	0.22±0.02 ^a	0.18±0.01 ^c	0.19±0.00 ^c	0.19±0.01 ^{bc}	0.21±0.00 ^{ab}
	23±1 °C	0.22±0.02 ^a	0.16±0.00 ^d	0.18±0.00 ^c	0.19±0.01 ^b	0.23±0.01 ^a

转下页

接上页

P10/1	4±1 °C	0.43±0.00 ^c	0.45±0.01 ^b	0.48±0.00 ^a	0.45±0.00 ^b	0.45±0.00 ^b
	23±1 °C	0.43±0.00 ^c	0.41±0.00 ^d	0.47±0.00 ^a	0.45±0.01 ^b	0.45±0.00 ^b
P10/2	4±1 °C	0.33±0.00 ^d	0.34±0.02 ^c	0.41±0.01 ^a	0.36±0.01 ^b	0.37±0.01 ^b
	23±1 °C	0.33±0.00 ^c	0.32±0.00 ^c	0.39±0.00 ^a	0.36±0.01 ^b	0.36±0.00 ^b
P40/1	4±1 °C	0.45±0.00 ^c	0.46±0.01 ^b	0.48±0.00 ^a	0.45±0.00 ^c	0.43±0.00 ^d
	23±1 °C	0.45±0.00 ^b	0.43±0.00 ^c	0.47±0.00 ^a	0.45±0.01 ^b	0.44±0.00 ^c
T70/2	4±1 °C	0.14±0.02 ^a	0.11±0.01 ^c	0.12±0.00 ^{bc}	0.13±0.01 ^b	0.14±0.00 ^a
	23±1 °C	0.14±0.02 ^b	0.1±0.00 ^d	0.12±0.00 ^{cd}	0.13±0.00 ^c	0.16±0.00 ^a
PA/2	4±1 °C	0.27±0.03 ^{ab}	0.21±0.02 ^c	0.25±0.01 ^b	0.25±0.01 ^b	0.28±0.00 ^a
	23±1 °C	0.27±0.03 ^b	0.2±0.00 ^d	0.23±0.00 ^c	0.25±0.01 ^b	0.3±0.01 ^a
P30/1	4±1 °C	0.16±0.02 ^{bc}	0.15±0.02 ^c	0.17±0.00 ^b	0.17±0.01 ^{bc}	0.21±0.01 ^a
	23±1 °C	0.16±0.02 ^b	0.12±0.00 ^c	0.17±0.01 ^b	0.16±0.01 ^b	0.23±0.01 ^a
P40/2	4±1 °C	0.11±0.02 ^{bc}	0.09±0.01 ^c	0.12±0.00 ^b	0.1±0.01 ^c	0.14±0.00 ^a
	23±1 °C	0.11±0.02 ^b	0.07±0.00 ^c	0.1±0.00 ^b	0.1±0.00 ^b	0.15±0.00 ^a
P30/2	4±1 °C	0.11±0.02 ^{ab}	0.09±0.01 ^{cd}	0.11±0.00 ^{bc}	0.08±0.01 ^d	0.13±0.00 ^a
	23±1 °C	0.11±0.02 ^b	0.07±0.00 ^c	0.08±0.00 ^c	0.08±0.00 ^c	0.14±0.00 ^a
T40/2	4±1 °C	0.08±0.01 ^b	0.08±0.01 ^b	0.1±0.00 ^a	0.09±0.00 ^b	0.11±0.00 ^a
	23±1 °C	0.08±0.01 ^c	0.07±0.00 ^d	0.09±0.00 ^b	0.09±0.00 ^c	0.11±0.00 ^a
T40/1	4±1 °C	0.23±0.03 ^c	0.26±0.03 ^{bc}	0.32±0.01 ^a	0.3±0.05 ^{ab}	0.29±0.03 ^{ab}
	23±1 °C	0.23±0.03 ^c	0.26±0.02 ^c	0.34±0.02 ^a	0.32±0.03 ^{ab}	0.3±0.01 ^b
TA/2	4±1 °C	0.3±0.01 ^c	0.32±0.03 ^{bc}	0.4±0.01 ^a	0.34±0.01 ^b	0.34±0.01 ^b
	23±1 °C	0.3±0.01 ^c	0.3±0.01 ^c	0.38±0.01 ^a	0.34±0.01 ^b	0.34±0.00 ^b

注：表中数据为均值±标准偏差，同一行中不同上标字母代表在 0.05 水平上存在显著性差异。

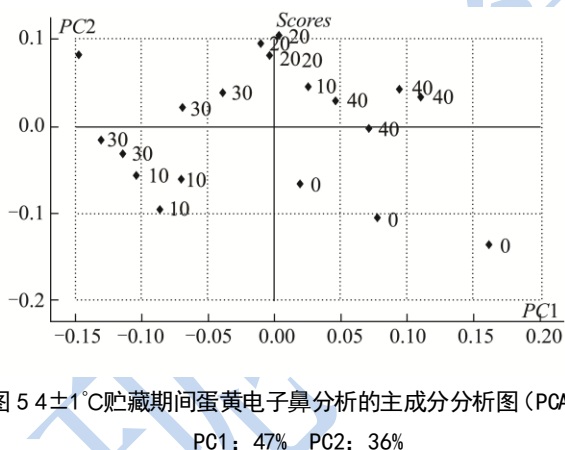


图 5 4±1 °C 贮藏期间蛋黄电子鼻分析的主成分分析图 (PCA 图)

Fig.5 PCA chart of aroma of cooked egg yolk during storage periods stored at 4±1 °C, PC1: 47% PC2: 36%

鲜味输出值均分别于第 20 d、10 d 出现较大变化；两组蛋清的酸味输出值均于第 30 d 变化最大。

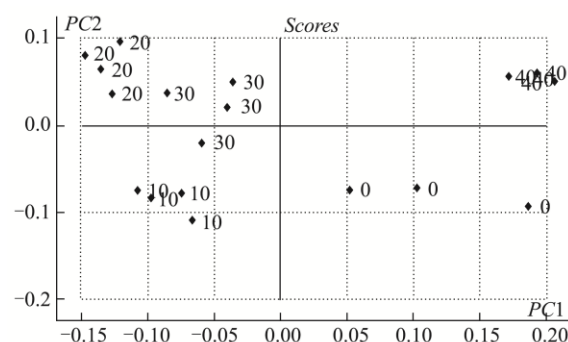


图 6 23±1 °C 贮藏期间蛋清电子鼻分析的主成分分析图 (PCA 图) PC1: 69% PC2: 20%

Fig.6 PCA chart of aroma of egg white during storage periods stored at 23±1 °C, PC1: 69% PC2: 20%

3 结论与讨论

3.1 结论

鸡蛋贮藏期间，蛋清的苦味、苦味回味、鲜味、鲜味回味、酸味变化明显，涩味、涩味回味、咸味变化不明显。4±1 °C、23±1 °C 贮藏，蛋清苦味输出值、

贮藏期间，蛋黄的苦味、苦味回味、鲜味、酸味变化明显，涩味、涩味回味、鲜味丰富度、咸味变化不明显。4±1 °C、23±1 °C 贮藏至第 10 d，苦味输出值变化最大，第 20 d 鲜味输出值变化最大；两组的酸味输出值均于第 30 d 时变化最大。

4±1 °C贮藏条件下,不同贮藏时间的蛋清气味特征不同;23±1 °C贮藏条件下,不同贮藏时间的蛋清的气味特征不同且呈现出一定的规律。

4±1 °C贮藏条件下,不同贮藏时间的蛋黄的气味特征不同;23±1 °C贮藏条件下,不同贮藏时间的蛋黄有明显区别,且随着贮藏时间的变化呈现出一定的变化规律。

3.2 讨论

蛋清含有丰富的蛋白质,蛋白质水解产生肽、游离氨基酸等降解产物,对食品的呈味特性有很重要的作用^[8]。肉在成熟过程中,蛋白质被组织蛋白酶类分解,肉中的游离氨基酸增多,具有增加肉的滋味或改善肉质香气的作用^[9]。彭小红^[10]等研究发现在金华火腿酶解过程中,随着酶解深入,鲜味强度不断增强,且在酶解初期9 h变化明显。苦味强度随酶解进行逐渐减弱,酶解15 h后苦味基本不变,相关性分析表明,鲜味与蛋白质的水解度成正相关,苦味与蛋白质的水解度成负相关。一定温度范围内,贮藏温度会影响蛋清中酶的活性,温度越高,蛋白质水解速度加快。23±1 °C下蛋清苦味输出值最小值和鲜味最大输出值出现在第10 d,而4±1 °C下苦味最小输出值和鲜味最大输出值出现在第20 d。另外,随贮藏时间的延长,蛋黄、蛋清的PH值升高,PH上升会导致卵白蛋白分解^[11]。

游离氨基酸本身是一种呈味物质,同时也是一种风味前体物质,除对滋味有贡献之外,对挥发性芳香成分的构成也有贡献,如:2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、含硫化合物及来自于Strecker降解的硫醇、来自于Maillard反应的吡嗪,其前体物质也是游离氨基酸^[12]。

一般认为脂质在贮藏及加工过程中的变化主要是水解和氧化。在特定酶(酯酶、磷脂酶)的作用下,脂质水解产生大量游离脂肪酸,游离脂肪酸进一步氧化产生大量风味物质或者风味前体物质,后者进一步与氨基酸等反应,产生特征风味^[13]。蛋黄中的甘油三酯加热后主要产生脂肪烃、醛和酮,极性脂(主要是磷脂)主要产生醛和酮,并且极性脂(磷脂)加热后产生的醛类最多^[4],而醛类物质阈值低,对风味贡献比较大。蛋黄中含有丰富的脂质,是产生蛋黄特征风味的重要前体物质。关于贮藏期间鸡蛋的风味特征变化的研究较少,MacLeod和Cave(1976)^[14]发现,随着贮藏时间的延长,挥发性物质的含量增加,其中,羰基化合物、脂肪烃、腈类、茛菪满相对含量上升,烷基苯和吡啶相对含量下降,推测原因是鸡蛋在贮藏过程中不断产生游离化合物并发生降解所致。

鸡蛋中主要的成分为蛋白质和脂质,在加工、贮藏过程中,经过降解、氧化以及相互作用,产生风味前体物质及风味物质,经过加热产生熟鸡蛋特有的风味。本文通过便捷的电子舌、电子鼻方法已经证明不同贮藏时间的鸡蛋的风味不同,发生变化的相关风味物质需要进一步分析确定。

参考文献

- [1] J MacLeod, S Jane Cave. Variations in the volatile flavour components of eggs [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1975, 26: 351-360
- [2] Katsumi Umano, Yukio Hagi, Akihiro Shoji, et al. Volatile compounds formed from cooked whole egg, egg yolk, and egg white [J]. *J. Agric. Food Chem.*, 1990, 38: 461-464
- [3] Christoph Cemy, René Guntz. Evaluation of potent odorants in heated egg yolk by aroma extract dilution analysis [J]. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, 219: 452-454
- [4] 冯月超,刘美玉,任发政,等.不同蛋黄组分对蛋黄风味的影响[J]. *食品科学*, 2006, 27(12): 58-62
FENG Yue-chao, LIU Mei-yu, REN Fa-zheng, et al. Effect of different components of egg yolk on flavor of egg yolk [J]. *Food Science*, 2006, 27(12): 58-62
- [5] 邹小波,赵杰文.电子鼻快速检测谷物霉变的研究[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(4): 121-124
ZOU Xiao-bo, ZHAO Jie-wen. Rapid identification of moldy corn by electronic nose [J]. *Transactions of the CSAE*, 2004, 20(4): 121-124
- [6] 吴瑞梅,赵杰文,陈全胜,等.化学仪器与电子舌表征绿茶滋味感官品质的比较[J]. *江苏大学学报*, 2013, 34(2): 161-165
WU Rui-mei, ZHAO Jie-wen, CHEN Quan-sheng, et al. Quantitative evaluation comparison of sensory taste quality for green tea by chemistry instrument and electronic tongue methods [J]. *Journal of Jiangsu University*, 2013, 34(2): 161-165
- [7] 贾洪锋,卢一,何江红,等.电子鼻在牦牛肉和牛肉猪肉识别中的应用[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(5): 358-363
JIA Hong-feng, LU Yi, HE Jiang-hong, et al. Recognition of yak meat, beef and pork by electronic nose [J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(5): 358-363
- [8] M J Sousa, Y Ardö P L H McSweeney. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening [J]. *International Dairy Journal*, 2001, 11: 327-345
- [9] 陈智斌. *食品加工学* [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2012
CHEN Zhi-bin. *Food processing* [M]. Harbin: Harbin

- Institute of Technology press, 2012
- [10] 彭小红,赵谋明,吴肖,等.金华火腿酶解过程中产物呈味特性的变化趋势研究[J].中国调味品,2008,7:87-91
PENG Xiao-hong, ZHAO Mou-ming, WU Xiao, et al. Change of sensory characteristics of Jinhua ham hydrolysates during enzymatic hydrolysis [J]. China Condiment, 2008, 7: 87-91
- [11] Omana D A, et al. Proteomic analysis of egg white proteins during storage [J]. Proteomics, 2011, 11(1): 144-153
- [12] Fidel Toldra. Proteolysis and lipolysis in flavor development of drv-cured meat products [J]. Meat Science, 1998, 49: 101-110
- [13] Yechuan Huang, Hongjun Li, Tian Huang,et,al.Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon [J]. Food Chemistry, 2014, 149: 31-39
- [14] Alexander J MacLeod, S Jane Cave. Variations in the volatile flavour components of eggs [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1976, 27(9): 799-806

现代食品科技