

红烧肉咀嚼过程中唾液分泌 对食团特性和吞咽动作的影响

刘登勇,邓亚军,韩耀辉,郭晨

(渤海大学食品科学与工程学院,生鲜农产品贮藏加工
及安全控制技术国家地方联合工程研究中心,辽宁锦州 121013)

摘要:本实验选用 12 名感官品评员,分别咀嚼红烧肉的脂肪层和瘦肉层,收集不同咀嚼阶段食团并记录感官品评员的咀嚼次数,测定食团水分含量,跟踪分析品评员在咀嚼过程中的咀嚼参数、唾液分泌量以及不同部位红烧肉食团水分含量的动态变化规律。结果表明:在咀嚼过程中,品评员的咀嚼次数显著升高($p < 0.05$),咀嚼频率相对稳定($p > 0.05$);品评员的唾液分泌量显著升高($p < 0.05$),唾液流速显著下降($p < 0.05$)并趋于稳定;食团湿基和干基水分含量均显著上升($p < 0.05$)。在同一咀嚼阶段,品评员咀嚼脂肪层的唾液分泌量和唾液流速均显著低于瘦肉层($p < 0.05$);脂肪层食团的水分含量显著低于瘦肉层食团($p < 0.05$)。对于红烧肉同一部位,每名感官品评员的个性咀嚼行为和唾液分泌导致食团在吞咽点时的水分含量差异显著($p < 0.05$),但相对集中,其中脂肪层的食团水分含量大约在 25%~30% 之间,瘦肉层大约在 60%~65% 之间。由此可见:食团水分含量是触发吞咽的重要标志之一。

关键词:食团,红烧肉,咀嚼,吞咽,触发

Impact of saliva secretion on bolus properties and swallowing during mastication of Stewed Pork with Brown Sauce

LIU Deng-yong, DENG Ya-jun, HAN Yao-hui, GUO Chen

(College of Food Science and Technology, Bohai University; National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products; Jinzhou 121013, China)

Abstract: Twelve subjects chewed the fat layer and the lean layer of Stewed Pork with Brown Sauce, the boluses were collected at different stages of the mastication process, including the swallowing point. Chewing parameters and saliva added for each subject and food type during mastication were assessed, and the changes of bolus moisture content in different positions of Stewed Pork with Brown Sauce was analyzed contemporarily. Results showed that the chewing cycles for each subject and each food type increased significantly ($p < 0.05$), whereas the chewing frequency was stabilized respectively ($p > 0.05$). The saliva added for each subject and food style increased significant ($p < 0.05$), while the saliva flow decreased significantly ($p < 0.05$) and tend to be stable. Moisture content of wet and dry basis in the boluses during oral processing increased significantly depending on the subject and food types studied ($p < 0.05$). At the same stage of mastication, the saliva added and the saliva flow for each subject chewing the fat layer of Stewed Pork with Brown Sauce were significantly lower compared to the lean layer ($p < 0.05$). Moisture content of wet and dry basis in the fat layer boluses tended to be lower significantly compared to the lean layer ($p < 0.05$). As a result of the difference of individual chewing behavior and saliva secretion, the difference on bolus moisture content on the point of swallowing between food types was significant ($p < 0.05$), while it was similar (around 25%~30% for the fat layer and 60%~65% for the lean layer). It was likely to be an important symbol on triggering a swallowing for the moisture content of food.

Key words: bolus; Stewed Pork with Brown Sauce; mastication; swallow; trigger

中图分类号: TS251

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)13-0042-07

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.13.008

红烧肉是最具中国特色的中华传统食品之一,以猪五花肉为主要原料,配以多种辅料和调味料红烧(煨炖)加工而成。红烧肉含有丰富的皮下脂肪或

肌间脂肪,且在成品中基本保持“原态”;这些“原态”脂肪入口后经牙齿咀嚼,唾液润滑、乳化,释放和产生风味物质,形成大量高水分含量的乳糜状微小食

收稿日期: 2016-12-29

作者简介: 刘登勇(1979-),男,博士,教授,研究方向: 肉品加工与质量安全控制、食品风味与感官科学, E-mail: jz_dyliu@126.com。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31571861)。

团,并产生独特口感(触觉、嗅觉、味觉等)。水分含量是决定这类“原态”脂肪依赖型食品的口腔咀嚼程度以及是否适于吞咽的重要参数,食团水分含量越高,则食团的流动性和延展性越好,越易于吞咽^[1-2]。

食品咀嚼过程是一个很复杂的食物性质变化和口腔生理学响应的动态过程^[3-5],从生理学角度看,咀嚼过程是由嘴、下颚、牙齿、舌头以及口腔和面部肌肉等高度协调完成的过程,其中唾液分泌对食团的吞咽^[2]以及风味^[6-7]和质地特性^[8]等方面的影响重大。一方面,唾液分泌可显著改变食团的表观剪切粘度,进而影响食团的质构特性;另一方面,食团的表观粘度与吞咽的难易度呈显著正相关。因此,唾液分泌不仅影响食团的质构特性,也是触发吞咽的关键因素之一。

本文以红烧肉为研究对象,分别针对其脂肪层和瘦肉层,通过跟踪分析品评员咀嚼过程中的咀嚼参数、唾液分泌量和食团水分含量的动态变化规律,探究“原态”脂肪依赖型食品吞咽动作的触发机制,以期为深入研究这类食品在咀嚼过程中的口感特性奠定理论基础,也可开发特殊用途食品提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪五花肉、葱、姜、腐乳、绵白糖、酱油、大豆油、白酒(二锅头) 皆购于锦州兴隆超市;石油醚、海沙 天津市福晨化学试剂厂。

SER148/6 脂肪测定仪 意大利 VELP 公司;电热鼓风干燥箱 上海一恒科技有限公司;AL104 电子天平 瑞士 Mettler Toledo 公司;Testo 925 单通道热电偶测温仪 德国德图集团。

1.2 样品制备

参照刘登勇等^[9]的方法制作红烧肉样品。具体过程如下:将猪五花肉(1 kg)洗净沥干后切块(3.5 cm × 3.5 cm × 4 cm),150~160 °C 油炸 2.5 min,将辅料(葱、姜、大料、桂皮)及肉块入锅翻炒 1 min,倒入白酒 50 g 并翻炒 1 min,加入调味料(酱油 80 g、腐乳 40 g、绵白糖 50 g)翻炒 2 min,加入清水 1 kg,大火烧开后换文火炖煮 120 min,炖煮完毕后大火收汁 5 min。

由于红烧肉脂肪层和瘦肉层的水分含量和脂肪含量均相差较大,易引起品评员不同的咀嚼行为和唾液分泌量,本研究分别对其进行取样分析:取出红烧肉成品,用吸水纸去除表面汤汁等杂物,切去皮层,将脂肪层和瘦肉层分别切成 20 mm × 20 mm × 5 mm 的肉块(重 3.3 ± 0.2 g)。红烧肉样品在品评前 300 W 隔水加热 5~10 min,以保证在品评过程中的肉温保持在 65~75 °C 之间。

1.3 品评员筛选

参照 GB/T 1629.1-2012^[10]中所述方法,从 36 名食品专业在校大学生中筛选出 12 名(6 名男生,6 名女生)感官品评员,年龄在 18~25 周岁。要求品评员口腔健康、无牙疾、不偏食,不影响咀嚼能力、吞咽能力及唾液分泌。

1.4 品评员培训与咀嚼实验

由于所选品评员此前基本没有参与过与感官分析相关的专业实验,所以首先必须对所有品评员进行食品感官品评基本知识方面的培训;同时,由于不同品评员之间存在咀嚼能力和唾液分泌等生理差异,所以感官培训实验内容主要是让每名品评员自然咀嚼并吞咽红烧肉样品的脂肪层和瘦肉层,以此确定每名品评员的咀嚼/吞咽时间(从入口到吞咽的时间, Tc)和咀嚼次数,重复三次。

感官实验共进行 7 次,其中 3 次为培训实验。为防止饥饿或食物消化影响品评员的咀嚼和吞咽能力,要求品评员在感官实验前 90 min 内不进食。培训实验过程中,品评员分别咀嚼并吞咽红烧肉脂肪层和瘦肉层各 15 个独立样品,记录咀嚼/吞咽时间(Tc)。分析实验要求品评员咀嚼但不吞咽食团,在不同咀嚼阶段吐出主要食团,口腔残渣不收集;其间不清洗口腔,以防饮用水和口腔内残留肉糜颗粒(可能导致唾液分泌量的增加)改变主要食团的质地结构。所有食团收集完毕后,品评员清洗口腔残渣。每个样品的咀嚼时间不超过 2 min,每次感官实验不超过 60 min。

每名品评员正常咀嚼并吞咽食团的时间记作 100% 咀嚼/吞咽时间(Tc)。为了研究红烧肉脂肪层和瘦肉层在整个咀嚼过程中食团水分及脂肪含量的变化规律,选取 20%、40%、60%、80%、100% 咀嚼/吞咽时间(Tc)点进行分析。食团收集后立即对其进行测定分析,以防止水分蒸发及唾液酶的作用。在不同咀嚼阶段点,每名品评员分别咀嚼红烧肉脂肪层和瘦肉层并吐出食团,每个取样点至少 3 次平行,每名品评员至少咀嚼并收集 15 个食团。本研究至少分别产生 360 个食团用于分析咀嚼过程中食团水分含量及脂肪含量变化规律,共计 720 个食团。

1.5 测定方法

1.5.1 食团的水分含量测定 要求品评员按自然习惯咀嚼样品并在不同阶段吐出,收集后立即称重。湿基水分含量(MC_{wet})的测定参照 GB/T 5009.3-2010^[11]直接干燥法。干基水分含量(MC_{db})按式(1)计算。

$$MC_{db} = MC_{wet} / (1 - MC_{wet}) \quad \text{式(1)}$$

1.5.2 品评员的咀嚼次数和咀嚼频率测定 咀嚼次数(Nc)由品评员在实验过程中自行记录。咀嚼频率(Fc)按式(2)计算。

$$Fc = Nc / Tc \quad \text{式(2)}$$

1.5.3 品评员的唾液分泌量测定 品评员吐出的食团并非完整(除去口腔残渣),但是一般认为品评员吐出的食团即可代表样品进行分析。除去食物干基质量的食团干基质量即为食团的回收率。本实验中红烧肉脂肪层食团的回收率在 63%~87%,瘦肉层食团的回收率在 89%~116%。因为唾液中 99% 的成分是水,所以忽略其固体成分。唾液分泌量(SA)按式(3)计算,其中 MC_{db bolus} 代表食团干基水分含量,MC_{db food} 代表食团干基水分含量。

$$SA = MC_{db bolus} - MC_{db food} \quad \text{式(3)}$$

1.5.4 品评员的唾液流速测定 唾液流速(S_t)按公式(4)计算。

$S_t = SA/N_e$ 式(4)

1.5.5 食团的脂肪含量测定 参考 GB/T 14772-2008 [12],用脂肪测定仪进行粗脂肪含量测定。

1.6 数据分析

每个样品测定至少 3 次重复,数据统计采用 SPSS 20.0,结果以平均值 ± 标准差 ($\bar{X} \pm SD$) 的形式表示。方差分析采用 ANOVA 分析,数据进行正态分布检验,符合正态分布的多重比较采用 Duncan 法,不符合正态分布的用 Kruskal-Wallis 检验,差异显著性为 $p < 0.05$ 。采用 SigmaPlot 12.5 软件对数据进行图形处理。

2 结果与分析

2.1 红烧肉咀嚼过程中品评员咀嚼参数的变化

在咀嚼过程中,品评员的咀嚼参数主要包括咀嚼时间、咀嚼次数及咀嚼频率等。由表 1 可知,在红烧肉脂肪层和瘦肉层的不同咀嚼阶段,随着品评员咀嚼时间的延长,咀嚼次数均显著增多($p < 0.05$),咀嚼频率无显著变化($p > 0.05$);在整个咀嚼过程中,品评员咀嚼红烧肉脂肪层的平均咀嚼频率为 1.69 Hz (1.59~1.96 Hz),瘦肉层的平均咀嚼频率为 1.50 Hz (1.43~1.54 Hz)。说明对于同一食物,品评员的咀嚼时间越短,则咀嚼次数越少;品评员在同一天咀嚼同一食物,其咀嚼行为保持相对稳定(咀嚼频率基本恒定)。这与 PEYRON 和 PO 等 [13-14] 研究谷物类食品等咀嚼行为的研究结果(1.45~1.68 Hz)基本一致。另外,在整个咀嚼过程中,品评员对红烧肉脂肪层的咀嚼频率一直高于瘦肉层;随着咀嚼的进行,品评员的咀嚼频率逐渐降低并趋于稳定,其中在吞咽点时,瘦肉层咀嚼频率为 1.52 Hz,脂肪层为 1.60 Hz,并在咀

嚼初期品评员的咀嚼频率高于咀嚼中后期,但差异不显著($p > 0.05$)。这一结果与 Motoi [15] 等人的研究不同,他们发现饼干和蛋糕在咀嚼初期(25%咀嚼阶段)的咀嚼频率低于其咀嚼中后期,造成这种差异的原因可能与红烧肉的质地(主要包括硬度)及脂肪含量有关。

食物类型影响品评员咀嚼时间、咀嚼次数及咀嚼频率 [14]。由表 2 可知,在同一咀嚼阶段,品评员对脂肪层的咀嚼时间与咀嚼次数均极显著低于瘦肉层($p < 0.01$),这可能与二者不同的质构属性(主要是硬度)及脂肪含量(食物脂肪含量越高,硬度越低)有关 [16-17],其中瘦肉层初始脂肪含量为 $11.64\% \pm 0.82\%$,脂肪层为 $75.68\% \pm 1.16\%$;在 20% 到 60% 咀嚼阶段内,品评员对脂肪层的咀嚼频率极显著高于瘦肉层($p < 0.01$),继续咀嚼至吞咽,咀嚼频率差异不显著($p > 0.05$),这可能是由于红烧肉经咀嚼至 60% 咀嚼阶段时,破碎的红烧肉颗粒已聚集形成紧密结合的糊状团,导致其咀嚼频率趋于稳定。

2.2 红烧肉咀嚼过程中品评员唾液分泌量的变化

由图 1 可知:对于瘦肉层,在 20%~60% 咀嚼阶段,品评员的唾液分泌量逐渐升高,在 80% 咀嚼阶段时,品评员的唾液分泌量显著高于 20% 咀嚼阶段时唾液分泌量,而 80% 至吞咽点时差异不显著($p > 0.05$);对于脂肪层,在 20%~40% 咀嚼阶段,品评员的唾液分泌量逐渐升高,此时食物经咀嚼破碎形成松散且大小不一的食物块,食物结构相对完整,继续咀嚼至 80% 咀嚼阶段,品评员的唾液分泌量基本无明显变化,此时食物已进一步破碎并聚集(唾液的粘合作用)形成质地均匀的食团,在 80% 至吞咽点时,品评员的唾液分泌量明显升高,此时食团水分含量进一步增大并触发吞咽。在不同咀嚼阶段,品评员唾液分泌量的不同变化可能是由于食物成分或滋味

表 1 红烧肉不同咀嚼阶段咀嚼参数变化

Table 1 Chewing parameters at different stages of Stewed Pork oral processing

咀嚼阶段 (%)	咀嚼时间(s)		咀嚼次数		咀嚼频率(Hz)	
	脂肪层	瘦肉层	脂肪层	瘦肉层	脂肪层	瘦肉层
20	2.45 ± 0.54 ^c	5.55 ± 1.32 ^c	4.64 ± 1.25 ^c	8.42 ± 2.55 ^c	1.96 ± 0.55 ^a	1.54 ± 0.34 ^a
40	4.89 ± 1.09 ^d	11.10 ± 2.64 ^d	7.86 ± 1.68 ^d	15.67 ± 4.33 ^d	1.65 ± 0.38 ^a	1.43 ± 0.27 ^a
60	7.34 ± 1.63 ^c	16.66 ± 3.95 ^c	11.75 ± 2.29 ^c	24.53 ± 5.82 ^c	1.64 ± 0.34 ^a	1.50 ± 0.25 ^a
80	9.79 ± 2.18 ^b	22.21 ± 5.27 ^b	15.19 ± 3.12 ^b	33.06 ± 7.65 ^b	1.59 ± 0.31 ^a	1.52 ± 0.23 ^a
100	12.24 ± 2.72 ^a	27.76 ± 6.59 ^a	19.06 ± 3.04 ^a	41.39 ± 9.35 ^a	1.60 ± 0.31 ^a	1.52 ± 0.26 ^a

注:100%代表吞咽时间;同一列不同字母表示差异显著($p < 0.05$),图 1、图 2、图 4 同。

表 2 红烧肉不同咀嚼阶段咀嚼参数的方差分析结果

Table 2 ANOVA of chewing parameters at different stages of Stewed Pork oral processing

咀嚼阶段 (%)	咀嚼时间		咀嚼次数		咀嚼频率	
	F 值	p	F 值	p	F 值	p
20	171.224	0.000	63.981	0.000	15.085	0.000
40	170.601	0.000	101.773	0.000	8.209	0.005
60	170.767	0.000	150.142	0.000	4.174	0.045
80	170.395	0.000	168.219	0.000	1.185	0.280
100	170.556	0.000	185.910	0.000	1.493	0.226

注:100%代表吞咽时间; $p < 0.05$,差异显著; $p < 0.01$,差异极显著。

物质的扩散程度刺激唾液分泌^[18]。此外,食物质地也可显著影响品评员的唾液分泌^[4]。

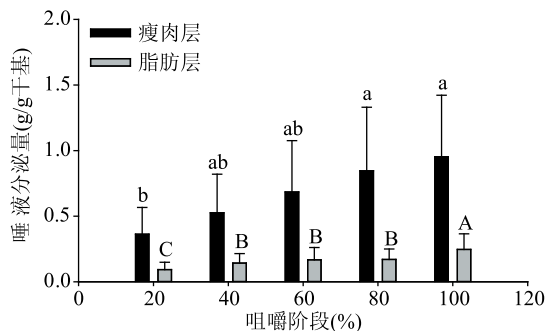


图1 咀嚼过程中唾液分泌量的变化

Fig.1 Saliva added during oral processing

注:由于品评员口腔生理学和咀嚼行为差异,造成的实验数据标准差较大等情况合理。

适宜的润滑度被认为是触发吞咽的三大关键因素(包括润滑度的高低、咀嚼时间的长短与食品颗粒的大小)之一^[19]。食团的流变学特性(特别是润滑度)受品评员咀嚼行为的影响,其中唾液流速可显著改变食团的水分含量^[15]。由图2可知,在红烧肉脂肪层咀嚼过程中,品评员的平均唾液流速为15.77 mg/cycle (12.92 ~21.52 mg/cycle),而瘦肉层为32.35 mg/cycle (23.06 ~47.31 mg/cycle),这一结果与Motoi^[15]的研究结果(唾液流速范围是31.4 ~54.2 mg/cycle)略有不同,其原因可能是不同食物成分(主要是水分与脂肪)的差异对品评员唾液分泌的刺激程度不同。

品评员咀嚼不同部位的红烧肉,其唾液流速均显著降低并趋于稳定($p < 0.05$)。在咀嚼初期,品评员的唾液流速最高,这是因为一旦食物放入口腔,唾液就开始分泌;在同一咀嚼阶段,品评员的脂肪层唾液流速显著低于瘦肉层($p < 0.05$),这可能是由于红烧肉脂肪层本身脂肪含量偏高,润滑度较好,导致品评员的唾液流速偏低^[5,7]。在20%~40%咀嚼阶段,对于瘦肉层,品评员的唾液流速显著降低($p < 0.05$),而脂肪层的唾液流速无显著变化($p > 0.05$),这可能与食物本身滋味成分在口腔中的扩散程度有关;在80%~100%咀嚼阶段(吞咽点),对于瘦肉层,品评员的唾液流速显著降低($p < 0.05$),而脂肪层的唾液流速无显著变化($p > 0.05$),这可能是与食团的润滑程度密切相关。

由图3可知:品评员分别咀嚼红烧肉的脂肪层和瘦肉层时唾液分泌量和唾液流速分别随着咀嚼次数的增加显著升高和降低($p < 0.05$),说明品评员的咀嚼次数刺激其唾液分泌,食团水分含量逐渐升高,导致品评员的唾液流速逐渐降低,这与Motoi等^[15]的研究结果一致。对于脂肪层,在20%~80%咀嚼阶段,品评员的唾液流速随咀嚼次数的增加显著降低($p < 0.05$),而在80%~100%咀嚼阶段,品评员的唾液流速略有升高但仍低于在咀嚼前期时的唾液流速,这可能是由于在食品咀嚼后期,红烧肉脂肪层食团较高的脂肪含量使其具有良好的流动性,导致食团流失严重(部分食团随口腔咀嚼而被吞咽),脂肪

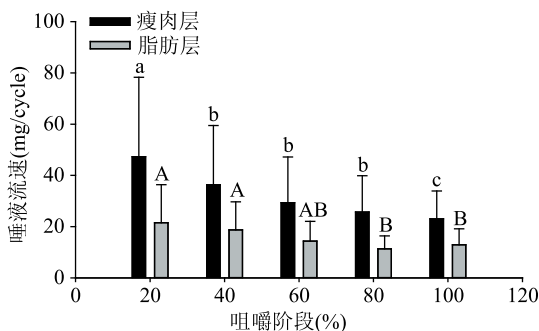


图2 咀嚼过程中唾液流速的变化

Fig.2 Saliva flow during oral processing

的流失程度比食品咀嚼前期增大,所以品评员的唾液流速略有升高。

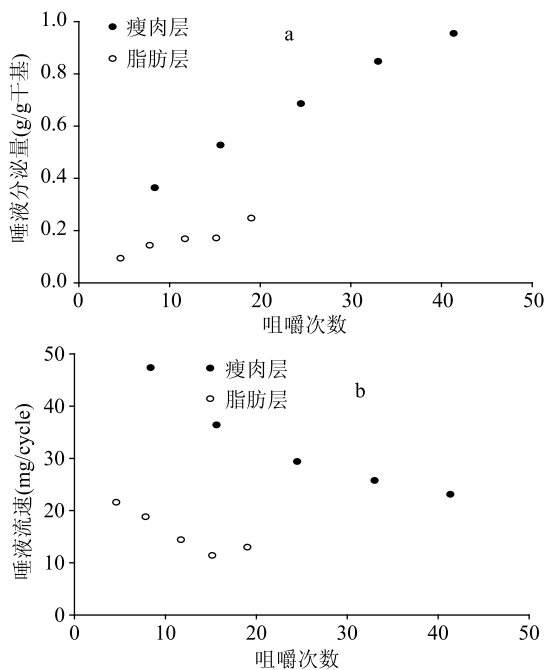


图3 咀嚼次数对唾液分泌量与唾液流速的影响

Fig.3 Effects of chewing cycles

on saliva added and saliva flow rate

注:a.唾液分泌量;b.唾液流速,图5同。

2.3 红烧肉咀嚼过程中食团水分含量的变化

由图4可知,在咀嚼过程中,食团的干基水分含量显著升高($p < 0.05$),在同一咀嚼过程中,红烧肉不同部位的食团水分含量差异显著且脂肪层食团的水分含量一直低于瘦肉层食团。本研究发现,在口腔加工过程中,食团水分含量显著变化发生在20%和80%口腔加工阶段,这一期间是品评员唾液分泌变化的主要阶段,因而对食团的水分含量影响显著。

2.4 相关性分析

对于脂肪层,表3中相关性分析结果显示:品评员的咀嚼时间与咀嚼次数($r = 0.897$)呈极显著正相关($p < 0.01$),与咀嚼频率($r = -0.446$)呈极显著负相关($p < 0.01$),咀嚼次数与咀嚼频率无显著相关性($p > 0.05$),品评员的咀嚼参数均与食团脂肪含量呈显著负相关($p < 0.05$)。说明除品评员的咀嚼参数间存在普遍相关性外,也与食团中的脂肪含量变化有

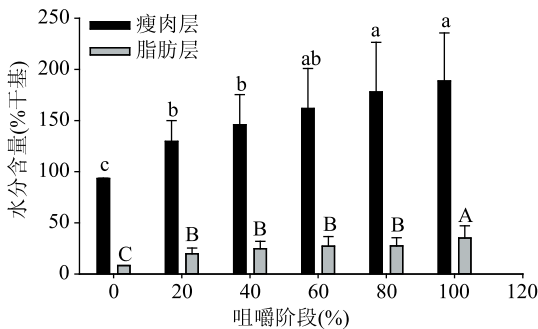


图4 咀嚼过程中食团干基水分含量变化

Fig.4 Bolus moisture content of dry weight basis during oral processing

关。品评员的唾液分泌量与咀嚼次数($r = 0.542$)和咀嚼时间($r = 0.532$)呈极显著正相关($p < 0.01$),唾液流速与咀嚼次数($r = -0.395$)、咀嚼时间($r = -0.277$)和咀嚼频率($r = -0.163$)呈极显著负相关($p < 0.01$),说明品评员的唾液分泌与其咀嚼参数存在普遍相关性。食团干基水分含量与品评员的咀嚼时间($r = 0.543$)、咀嚼次数($r = 0.543$)、唾液分泌量($r = 1.000$)和唾液流速($r = 0.448$)呈极显著正相关($p < 0.01$),说明食团干基水分含量受品评员咀嚼参数和唾液分泌影响。

对于瘦肉层,表4中相关性分析结果显示:品评员的咀嚼时间与咀嚼次数($r = 0.931$)呈极显著正相关($p < 0.01$),与咀嚼频率($r = -0.169$)呈极显著负相关($p < 0.01$),咀嚼次数与咀嚼频率($r = 0.153$)呈显著性正相关($p < 0.05$)。说明随着咀嚼时间的延长,品评员咀嚼次数逐渐增多,咀嚼频率逐渐降低。这可能是由于随着品评员咀嚼次数逐渐增多,唾液分

泌引起食团水分含量逐渐升高直至触发吞咽,导致其咀嚼频率降低。品评员的唾液分泌量与咀嚼次数($r = 0.490$)和咀嚼时间($r = 0.594$)呈极显著正相关($p < 0.01$),而与咀嚼频率($r = -0.268$)呈极显著负相关($p < 0.01$),唾液流速与咀嚼次数($r = -0.410$)、咀嚼时间($r = -0.276$)和咀嚼频率($r = -0.442$)呈极显著负相关($p < 0.01$)。说明品评员唾液分泌量的变化除了受口腔加工阶段影响外,也与咀嚼次数和咀嚼频率有关。食团干基水分含量与品评员的咀嚼次数($r = 0.490$)、咀嚼时间($r = 0.595$)、唾液分泌量($r = 1.000$)和唾液流速($r = 0.425$)呈极显著正相关($p < 0.01$),而与咀嚼频率($r = -0.270$)呈极显著负相关($p < 0.01$)。说明食团的水分含量除了受口腔加工阶段的影响外,也与品评员的咀嚼参数和唾液分泌有关。

2.5 在吞咽点时品评员对食团水分含量的影响

在食物咀嚼过程中,牙齿咀嚼加工食物,减小食物颗粒大小,唾液包裹并润滑食物颗粒使其聚集成粘合在一起的食团。水分含量(尤其是在吞咽点时)的高低显著影响食团的润滑度^[20],当食团达到合适的流变学特性时,大脑发出吞咽指令即可触发吞咽。因此,品评员在吞咽点时的唾液流动(唾液分泌量和唾液流速)是触发吞咽的重要因素之一。除了食团水分含量,脂肪含量也是影响食团粘度和润滑度的关键因素之一,当食团达到适宜的润滑度即可触发吞咽^[15]。

不同品评员咀嚼行为的差异导致其唾液分泌量和唾液流速差异显著(图5),同种食物达到吞咽状态时食团的水分含量略有不同,其中脂肪层食团水分含量主要集中在25%~30%之间,而瘦肉层食团水分

表3 红烧肉脂肪层咀嚼参数及食团水分含量相关性分析结果

Table 3 Correlation among variables of chewing parameters and bolus moisture content on the lean of Stewed Pork

项目	干基水分含量	咀嚼次数	咀嚼时间	咀嚼频率	唾液分泌量	唾液流速	脂肪含量
湿基水分含量	0.995 **	0.548 **	0.532 **	-0.141	0.995 **	0.460 **	-0.137
干基水分含量		0.543 **	0.543 **	-0.141	1.000 **	0.448 **	-0.127
咀嚼次数			0.897 **	-0.090	0.542 **	-0.395 **	-0.181 *
咀嚼时间				-0.446 **	0.532 **	-0.277 **	-0.298 **
咀嚼频率					-0.139	-0.163 *	-0.267 **
唾液分泌量						0.447 **	-0.124
唾液流速							0.048

注: * 表示显著相关性, $p < 0.05$; ** 表示极显著相关性, $p < 0.01$ 。

表4 红烧肉瘦肉层咀嚼参数及食团水分含量相关性分析结果

Table 4 Correlation among variables of chewing parameters and bolus moisture content on the fat of Stewed Pork

项目	干基水分含量	咀嚼次数	咀嚼时间	咀嚼频率	唾液分泌量	唾液流速	脂肪含量
湿基水分含量	0.984 **	0.500 **	0.613 **	-0.297 **	0.984 **	0.448 **	-0.072
干基水分含量		0.490 **	0.595 **	-0.270 **	1.000 **	0.425 **	-0.097
咀嚼次数			0.931 **	0.153 *	0.490 **	-0.410 **	-0.088
咀嚼时间				-0.169 *	0.594 **	-0.276 **	-0.111
咀嚼频率					-0.268 **	-0.442 **	-0.015
唾液分泌量						0.425 **	-0.096
唾液流速							0.031

注: * 表示显著相关性, $p < 0.05$; ** 表示极显著相关性, $p < 0.01$ 。

含量主要集中在 60%~65% 之间(图 6)。此外,当食团达到吞咽状态时的脂肪含量也略有差异,其中脂肪层食团的脂肪含量主要集中在 70%~75%,而瘦肉层食团的脂肪含量主要集中在 10%~15%(见图 7)。研究结果说明“个体差异性”是导致个别食团在吞咽点时水分含量差异的主要原因,这与 Drago 等^[1]的观点一致。另外,“个体差异性”的观点在食团流变学特性分析^[12]与风味物质释放分析^[5,21]等方面的研究中也得到验证。

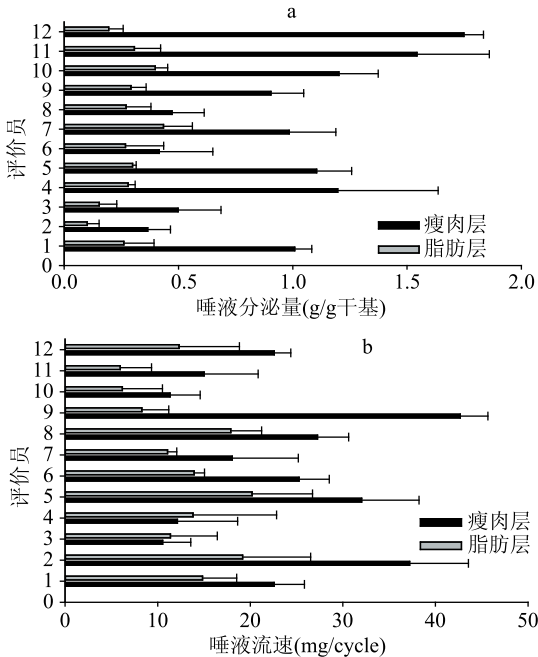


图 5 在吞咽点时品评员的唾液流动差异
Fig.5 Effect of subject on saliva added and saliva flow just before swallowing

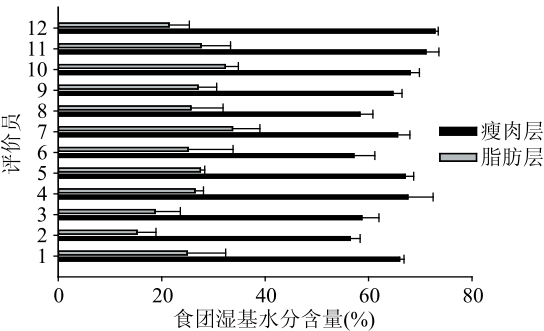


图 6 在吞咽点时品评员对食团水分含量的影响
Fig.6 Effect of subject on bolus moisture content just before swallowing

3 结论

通过对咀嚼过程中红烧肉脂肪层和瘦肉层食团水分含量与品评员咀嚼参数及其相关性的分析,发现随着食品咀嚼过程的进行,品评员咀嚼频率无显著变化,唾液流速逐渐降低并趋于稳定,食团水分含量逐渐升高并最终达到适合吞咽(流变学特性)。说明食团的水分含量是触发吞咽的重要标志之一。食物类型和品评员之间“个体差异性”影响食团在吞咽点时的水分含量,并导致食团流变学特性的

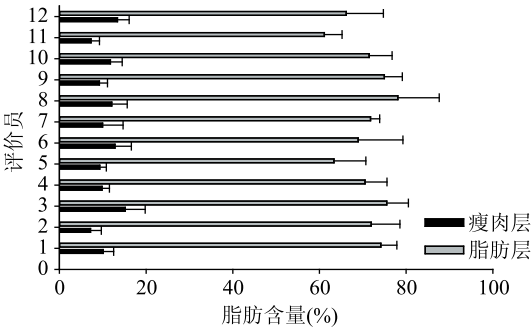


图 7 在吞咽点时品评员对食团脂肪含量的影响
Fig.7 Effect of subject on bolus fat content just before swallowing

差异。此外,相关性分析结果显示,食团的湿基和干基水分含量均与品评员的咀嚼参数和唾液分泌均存在相关性。因此,研究“原态”脂肪依赖型食品在咀嚼过程中食团水分含量的变化对理解其流变学特性并与感官评价相结合具有重要意义。研究不同品评员的咀嚼特性,分析食团在吞咽点时的水分含量差异,也可为开发特殊用途食品提供新思路。

参考文献

[1] Drago S R, Panouillé M, Saint-Eve A, et al. Relationships between saliva and food bolus properties from model dairy products[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(4): 659-667.
[2] Chen J S, Lolivret L. The determining role of bolus rheology in triggering a swallowing[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(3): 325-332.
[3] Chen J S. Food oral processing: a review[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 1-25.
[4] Gambarelli F R, Serra M D, Pereira L J, et al. Influence of measurement technique, test food, teeth and muscle force interactions in masticatory performance[J]. Journal of Texture Studies, 2007, 38(1): 2-20.
[5] Sazonov E, Schuckers S, Lopez-Meyer P, et al. Non-invasive monitoring of chewing and swallowing for objective quantification of ingestive behavior. [J]. Physiological Measurement, 2008, 29(5): 525-41.
[6] Labouré H, Repoux M, Courcoux P, et al. Inter-individual retronasal aroma release variability during cheese consumption: Role of food oral processing[J]. Food Research International, 2014, 64: 692-700.
[7] Arancibia C, Jublot L, Costell E, et al. Flavor release and sensory characteristics of o/w emulsions. Influence of composition, microstructure and rheological behavior [J]. Food Research International, 2011, 44(6): 1632-1641.
[8] Anne S E, Maud P, Chloé C, et al. Dynamic aspects of texture perception during cheese consumption and relationship with bolus properties[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 46(1): 144-152.
[9] 刘登勇, 谭阳, 盖圣美, 等. 猪五花肉红烧过程中脂肪和脂肪酸的变化规律[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 28-32.
[10] 全国食品工业标准化技术委员会. GB/T16291.1-2012 感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则[S]. 北京: 中国标准 (下转第 52 页)

DPPH 自由基、羟自由基的清除能力和还原力的提高起到了一定的作用。因此,通过酶法制备得到的 CS 寡糖在保健食品、药品和化妆品等领域将具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] Maccari F, Ferrarini F, Volpi N. Structural characterization of chondroitin sulfate from sturgeon bone[J]. Carbohydrate research, 2010, 345(11): 1575–1580.
- [2] 凌沛学, 何兆雄. 硫酸软骨素[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2012: 14–17.
- [3] Maccari F, Galeotti F, Volpi N. Isolation and structural characterization of chondroitin sulfate from bony fishes[J]. Carbohydrate polymers, 2015, 129: 143–147.
- [4] Volpi N. Analytical aspects of pharmaceutical grade chondroitin sulfates[J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 2007, 96(12): 3168–3180.
- [5] Volpi N. Quality of different chondroitin sulfate preparations in relation to their therapeutic activity[J]. The Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2009, 61(10): 1271–1280.
- [6] Sim J-S, Im AR, Cho SM, et al. Evaluation of chondroitin sulfate in shark cartilage powder as a dietary supplement: Raw materials and finished products[J]. Food Chemistry, 2007, 101(2): 532–539.
- [7] Kinoshita A, Yamada S, Haslam SM, et al. Isolation and structural determination of novel sulfated hexasaccharides from squid cartilage chondroitin sulfate E that exhibits neuroregulatory activities[J]. Biochemistry-U.S., 2001, 40(42): 12654–12665.
- [8] Zhao T, Zhou Y, Mao G, et al. Extraction, purification and characterisation of chondroitin sulfate in Chinese sturgeon cartilage[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(7): 1633–1640.
- [9] Huskisson E C. Glucosamine and chondroitin for osteoarthritis[J]. Journal of International Medical Research, 2008, 36(6): 1161–1179.
- [10] 王俊, 曾凡新, 程微, 等. 不同降解方式对硫酸软骨素寡糖抗氧化活性的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 55(22): 5707–5710.
- [11] 张莲, 王金鹏, 孔子青, 等. 硫酸软骨素的降解及其降解产物抗氧化活性的测定[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 180–183.
- [12] 赵凯, 许鹏举, 谷广辉. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 534–536.
- [13] 邱芳萍, 张玲, 于健. 硫酸钡比浊法对鹿茸多糖中硫酸基含量的测定[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2005, 26(4): 268–270.
- [14] Yujiao Sun, Bingying Yang, Yanmin Wu, et al. Structural characterization and antioxidant activities of j-carrageenan oligosaccharides degraded by different methods[J]. Food Chemistry, 2015, 178: 311–318.
- [15] 丁鹏, 沈照鹏, 张京良, 等. 酶法制备黑莓果胶寡糖及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(11): 76–79.
- [16] Xiaoying Xiong, Ming Li, Jing Xie, et al. Preparation and antioxidant activity of xanthan oligosaccharides derivatives with similar substituting degrees[J]. Food Chemistry, 2014, 164: 7–11.
- [17] Deepa S S, Kalayanamitra K, Ito Y, et al. Novel Sulfated Octa- and Decasaccharides from Squid Cartilage Chondroitin Sulfate E: Sequencing and Application for Determination of the Epitope Structure of the Monoclonal Antibody MO-225[J]. Biochemistry, 2007, 46(9): 2453–2465.
- [18] Alkrad J A, Mrestani Y, Stroehl D, et al. Characterization of enzymatically digested hyaluronic acid using NMR, Raman, IR, and UV-vis spectroscopies[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2003, 31: 545–550.
- [19] Huamao Yuan, Weiwei Zhang, Xuegang Li, et al. Preparation and *in vitro* antioxidant activity of K-carrageenan oligosaccharides and their oversulfated, acetylated, and phosphorylated derivatives[J]. Carbohydrate Research, 2005, 340(4): 685–692.
- [20] Abad L V, Relleve L S, Racadio C D T, et al. Antioxidant activity potential of gamma irradiated carrageenan[J]. Applied Radiation and Isotopes, 2013, 79: 73–79.
- [11] 全国食品工业标准化技术委员会. GB/T 5009.3-2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [12] 全国食品工业标准化技术委员会. GB/T 14772-2008 食品中粗脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] Peyron M A, Gierczynski I, Hartmann C, et al. Role of physical bolus properties as sensory inputs in the trigger of swallowing[J]. Plos One, 2010, 6(6): e21167.
- [14] Young B D, Kennedy J A. Time-frequency analysis of chewing activity in the natural environment[J]. Journal of Dental Research, 2011, 90(10): 1206–1210.
- [15] Motoi L, Morgenstern M P, Hedderley D I, et al. Bolus Moisture Content of Solid Foods during Mastication[J]. Journal of Texture Studies, 2013, 44(6): 468–479.
- [16] Loret C, Walter M, Pineau N, et al. Physical and related sensory properties of a swallowable bolus[J]. Physiology & Behavior, 2011, 104(5): 855–864.
- [17] Lavergne, M D D, Derks J A M, Ketel E C, et al. Eating behaviour explains differences between individuals in dynamic texture perception of sausages[J]. Food Quality and Preference, 2015, 41: 189–200.
- [18] Lillford P J. The importance of food microstructure in fracture physics and texture perception[J]. Journal of Texture Studies, 2011, 42(2): 130–136.
- [19] Hutchings J B, Lillford P J. The perception of food textured the philosophy of the breakdown path[J]. Journal of Texture Studies, 1988, 19(2): 103–115.
- [20] Panouillé M, Saint-Eve A, Délérís I. Oral processing and bolus properties drive the dynamics of salty and texture perceptions of bread[J]. Food Research International, 2014, 62(8): 238–246.
- [21] Doyennette M, Délérís I, Féron G, et al. Main individual and product characteristics influencing in-mouth flavour release during eating masticated food products with different textures: Mechanistic modelling and experimental validation[J]. Journal of Theoretical Biology, 2014, 340(307): 209–221.

(上接第 47 页)

出版社, 2012.