



羊肝干与鲜羊肝营养价值及食用品质比较研究

景安琪, 吕 南, 双 全, 格日勒图, 夏亚男, 张凤梅*
(内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 为研究羊肝加工前后营养成分的变化, 分别测定鲜羊肝和羊肝干的营养品质和理化指标并进行分析。结果表明: 鲜羊肝和羊肝干的水分含量分别为67.18%和35.18%, 蛋白质含量分别为23.26%和47.13%, 脂肪含量分别为5.12%和10.06%; 氨基酸总量分别为18.73%和42.69%, 其中人体7种必需氨基酸总量分别为7.83%和17.71%; 鲜羊肝中共检测出27种脂肪酸, 羊肝干中共检测出26种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸含量分别为55.59%和75.91%, 不饱和脂肪酸分别占总脂肪酸的44.41%和24.09%, 鲜羊肝和羊肝干均富含亚油酸(5.12%~9.55%)等人体必需脂肪酸; 鲜羊肝与羊肝干均富含丰富矿物质, 其中镁、铁、钙等矿物质元素含量较高; 鲜羊肝和羊肝干VA含量分别为18.84、9.84 mg/100 g。原料鲜羊肝和羊肝干产品的营养价值均较高。

关键词: 鲜羊肝; 羊肝干; 营养价值; 食用品质

Comparative Evaluation of Nutritional Value and Eating Quality of Sheep Liver Jerky and Raw Sheep Liver

JING Anqi, LÜ Nan, SHUANG Quan, BORJIGIN Gerelt, XIA Yanan, ZHANG Fengmei*
(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: To study the changes in nutritional components of sheep liver before and after processing, the nutritional qualities and physicochemical indexes of raw sheep liver and sheep liver jerky were determined and compared. The results showed that the moisture contents of raw sheep liver and sheep liver jerky were 67.18% and 35.18%, respectively. Their protein contents were 23.26% and 47.13%, fat contents 5.12% and 10.06%, and total amino acid contents 18.73% and 42.69%, respectively. The total contents of 7 essential amino acids were 7.83% and 17.71% respectively. A total of 27 fatty acids are detected in raw sheep liver and 26 fatty acids in sheep liver jerky, in which saturated fatty acids accounted for 55.59% and 75.91%, and unsaturated fatty acids accounted for 44.41% and 24.09% of the total fatty acids, respectively. Both livers were rich in linoleic acid (5.12%–9.55%) and other essential fatty acids. Additionally, they showed richness in minerals such as magnesium, iron and calcium. The contents of vitamin A in raw sheep liver and sheep liver jerky were 18.84 and 9.84 mg/100 g respectively. To sum up, both roast sheep liver and sheep liver jerky have high nutritional value.

Keywords: raw sheep liver; sheep liver jerky; nutritional value; eating quality

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190628-151

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 09-0013-06

引文格式:

景安琪, 吕南, 双全, 等. 羊肝干与鲜羊肝营养价值及食用品质比较研究[J]. 肉类研究, 2019, 33(9): 13-18. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190628-151. <http://www.rlyj.net.cn>

JING Anqi, LÜ Nan, SHUANG Quan, et al. Comparative evaluation of nutritional value and eating quality of sheep liver jerky and raw sheep liver[J]. Meat Research, 2019, 33(9): 13-18. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190628-151. <http://www.rlyj.net.cn>

羊肝是羊体以代谢功能为主的一个器官, 对羊体具有去氧化、储养料、解毒及合成蛋白质等作用。羊肝含有丰富的VA、VB₂, 有明目的作用, 对夜盲症、

视力减退、干眼病等多种眼疾有很好的预防和治疗作用^[1-3]。铁是产生红血球的必需元素, 人体适当食用可使皮肤变得红润透亮, 是益血、补肝的理想佳品^[1], 羊

收稿日期: 2019-06-28

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-38)

第一作者简介: 景安琪(1995—)(ORCID: 0000-0003-4053-6558), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学。

E-mail: jinganqi826@163.com

*通信作者简介: 张凤梅(1969—)(ORCID: 0000-0002-6485-4131), 女, 副教授, 博士, 研究方向为功能性食品研究开发。

E-mail: zfm1997@aliyun.com

肝中的微量元素铁、铜和必需脂肪酸 γ -亚麻酸的含量高于其他动物肝脏^[4-6]。

目前,羊副产物的开发利用不足,造成羊肝等副产物资源的大量浪费。羊肝干是以鲜羊肝为原料,加入萝卜、大蒜2种最佳脱膻材料,以白砂糖、香辛料、食盐和料酒等为调味料,经预处理、预煮、脱膻、腌制、烘烤、包装、灭菌、水检等工艺制成的具有民族特色的即食肉制品。为研究羊肝干加工前后营养成分的变化,本研究分别测定原料鲜羊肝和羊肝干产品的营养品质和理化指标,并进行比较分析,为羊肝干产品的工艺优化及羊副产物的综合开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜羊肝由内蒙古锡林浩特市小肥羊有限公司提供,羊肝干由内蒙古农业大学民族特色食品研发团队提供。

氧化镁、石油醚(沸程30~60℃)、无水乙醚、硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、邻苯三酚、三氯乙酸、硫代硫酸钠、冰乙酸、三氯甲烷、平板计数琼脂培养基、月桂基硫酸盐胰蛋白胨、氢氧化钠(优级纯) 国药集团化学试剂有限公司;乙醇(体积分数95%)、无水硫酸钠、氯化钠、碘化钾、抗坏血酸(均为分析纯) 天津市风船化学试剂有限公司;盐酸(优级纯) 天津市永大化学试剂有限公司;高氯酸(分析纯) 福晨化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

SX-500全自动高压灭菌锅 日本Tomy Digital Biology公司;HBS-4009酶标仪 华泰和合商贸有限公司;TA.XT Express质构仪 英国Stable Micro System公司;K9860全自动凯氏定氮仪 济南海能仪器股份有限公司;HC-3018高速离心机 安徽中科中佳仪器有限公司;SH220N石墨消解仪 上海一恒科学仪器有限公司;pH-STAR pH值直测仪 武汉恒绿食品技术有限公司;TCP2色差仪 杭州好克光电仪器有限公司;Scino ST310索氏抽提系统 湖南凯达仪器有限公司;7820气相色谱仪 美国Agilent公司;L-8900氨基酸分析仪、U-5100紫外分光光度计 日本日立公司;LC20ADXR高效液相色谱仪 日本岛津公司;SA 402B电子舌 日本Insent公司;XL30扫描电子显微镜 荷兰Philips公司。

1.3 方法

1.3.1 羊肝干的制作工艺及操作要点

羊肝干的制作工艺流程:原料预处理→预煮→脱膻→腌制→烘烤→真空包装→灭菌→水检→成品

操作要点:1)原料鲜羊肝的预处理:将鲜羊肝表面及内部的血筋进行简单处理,剥取最外面的薄膜后切成大块,用清水反复清洗3次以上,去除血水后切成小块;2)预煮:添加原料质量3~5倍的水,煮沸后用文火煮制5 min,去除浮沫,并且用针不断扎孔,使内部血水尽快溶出;3)脱膻处理:将洗净后的胡萝卜和大蒜切片,同样加入原料质量3~5倍的水,与鲜羊肝共同煮制,在煮制过程中同样用针扎孔,使鲜羊肝更好地吸收脱膻物,更好地达到去除膻味的效果,煮沸后文火煮制10~15 min捞出,切制成1 cm×1 cm×3 cm的条状,放入冷却后的脱膻液中,并在真空环境中(80~85 kPa)浸泡30 min;4)腌制:将步骤3)中的羊肝沥干水分,将2%白砂糖、4%香辛料、3%食盐、6%料酒与羊肝混合,滚揉10~20 min后放入真空度为70~80 kPa的环境中^[7],腌制6 h后,取出再滚揉15~20 min后继续真空腌制4 h;5)烘烤:将步骤4)得到的羊肝条放入鼓风干燥箱中,设置温度为55~60℃,烘烤3 h;6)包装:将步骤5)中的羊肝干冷却后在无菌环境下进行真空包装;7)灭菌:高压灭菌锅中121℃处理10 min;8)水检:检验产品包装是否漏气,如有漏气,对产品质量会产生重要影响。从每批产品中随机选取10个样品,分别进行水检,出现漏气包装则此批产品为不合格,需要立即进行重新包装。

1.3.2 鲜羊肝及羊肝干的营养品质测定

水分含量测定:参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的第一法直接干燥法;蛋白质含量测定:参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;脂肪含量测定:参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》;灰分含量测定:参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》;碳水化合物含量测定:参照GB/Z 21922—2008《食品营养成分基本术语》;能量测定:能量/(kJ/100 g)=[蛋白质质量/g×17+脂肪质量/g×37+碳水化合物质量/g×17]/100 g(17、37、17分别为蛋白质、脂肪、碳水化合物折算系数(kJ/g))^[8];氨基酸含量测定:参照GB/T 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》,使用L-8900型氨基酸分析仪测定;脂肪酸含量测定:参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》。

矿物质含量测定:钙:参照GB 5009.92—2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》,采用火焰原子吸收光谱法测定;镁:参照GB 5009.241—2017《食品安全国家标准 食品中镁的测定》,采用火焰原子吸收光谱法测定;铜:参照GB 5009.13—2017《食品安全国家标准 食品中铜的测定》,采用石墨炉原子吸收光谱法测定;铁:参照GB 5009.90—2016《食品安全国家标准 食品中铁的测定》,采用火焰原子吸收光谱法测定;



锌：参照GB 5009.14—2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》，采用火焰原子吸收光谱法测定；镉：参照GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》，采用石墨炉原子吸收光谱法测定；铬：参照GB 5009.123—2014《食品安全国家标准 食品中铬的测定》，采用石墨炉原子吸收光谱法测定；铅：参照GB 5009.12—2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》，采用石墨炉原子吸收光谱法测定。

VA含量测定：参照GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》，采用反相高效液相色谱法测定。

1.3.3 鲜羊肝及羊肝干的食用品质测定

色泽：采用TCP2型自动测色色差计对样品进行测定，同一个样品取3个点，测定亮度值（ L^* ）、红度值（ a^* ）和黄度值（ b^* ），每组样品测定3~5次，取平均值。

嫩度（剪切力）：参照NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》^[9]。将鲜羊肝切成2 cm×2 cm×7 cm，置于90℃水浴加热30 min，取出冷却至室温，用滤纸吸干表面水分，置于4℃冰箱中过夜，然后用C-LM3B型数显式肌肉嫩度仪测定样品剪切力，每个样品测定10~15次，选取结果相接近的5~8个数值计算其平均值，即为羊肝的剪切力。

1.3.4 鲜羊肝及羊肝干的内部结构测定

参照陈利忠^[10]、张珂^[11]、Palka^[12]等方法，并稍作改动。将样品用刀片切成5 mm×5 mm×2 mm的片状，用2.5%戊二醛溶液固定12 h；用0.1 mol/L、pH 7.0的磷酸缓冲液洗涤3次，每次15 min；用不同体积分数（25%、50%、70%、90%、95%）的乙醇溶液对样品进行脱水处理，每个梯度处理20 min，然后再用无水乙醇处理3次，每次20 min；将样品放入真空冷冻干燥机内干燥10 h，加速电压20 kV，然后用XL30型扫描电子显微镜进行不同放大倍数的微观结构观察。

1.4 数据处理

采用SPSS 19.0软件对数据进行统计分析，用Excel及Origin 8.0软件作图。

2 结果与分析

2.1 鲜羊肝及羊肝干的营养品质特性

2.1.1 鲜羊肝及羊肝干的常规营养成分含量

由表1可知，鲜羊肝和羊肝干的水分含量分别为67.18%和35.18%，蛋白质含量分别为23.26%和47.13%，脂肪含量分别为5.17%和10.06%，灰分含量分别为2.36%和5.97%，碳水化合物含量分别为2.03%和1.66%，能量分别为621.22 kJ/100 g和1 201.65 kJ/100 g，与张宇^[13]对羊肝中营养成分的研究比较，水分、蛋白质、脂肪、灰分

含量均较为接近。羊肝干的水分含量与鲜羊肝相比降低32%，而蛋白质及脂肪含量均高于鲜羊肝。这主要是由于羊肝干制作过程中添加食盐等其他原料以及羊肝干加工过程中部分水分流失，这些都是引起羊肝干水分、蛋白质、脂肪等含量变化的主要原因。

表1 鲜羊肝和羊肝干的常规营养成分含量

Table 1 Macronutrient composition of raw sheep liver and sheep liver jerky

营养成分	鲜羊肝	羊肝干
水分含量/%	67.18±0.33	35.18±0.22
蛋白质含量/%	23.26±0.24	47.13±0.31
脂肪含量/%	5.17±0.26	10.06±0.24
灰分含量/%	2.36±0.23	5.97±0.25
碳水化合物含量/%	2.03±1.06	1.66±1.02
能量/(kJ/100 g)	621.22±31.72	1 201.65±31.49

2.1.2 鲜羊肝及羊肝干的氨基酸组成及特点

表2 鲜羊肝及羊肝干的氨基酸组成及含量

Table 2 Amino acid compositions of raw sheep liver and sheep liver jerky

氨基酸	鲜羊肝	羊肝干
天冬氨酸 (Asp) ^b	1.84±0.13	4.18±0.11
苏氨酸 (Thr) ^a	0.89±0.01	2.12±0.03
丝氨酸 (Ser)	0.85±0.02	2.15±0.03
谷氨酸 (Glu) ^b	2.45±0.04	6.02±0.05
甘氨酸 (Gly) ^b	1.02±0.03	2.30±0.02
丙氨酸 (Ala)	1.13±0.04	2.52±0.03
胱氨酸 (Cys)	0.39±0.01	0.75±0.05
缬氨酸 (Val) ^a	1.22±0.02	2.63±0.05
蛋氨酸 (Met) ^{ab}	0.43±0.01	1.14±0.04
异亮氨酸 (Ile) ^{ab}	0.86±0.00	2.03±0.03
亮氨酸 (Leu) ^{ab}	1.91±0.04	4.16±0.02
酪氨酸 (Tyr)	0.74±0.17	1.81±0.12
苯丙氨酸 (Phe) ^{ab}	1.04±0.05	2.40±0.23
赖氨酸 (Lys) ^{ab}	1.48±0.43	3.23±0.16
组氨酸 (His)	0.54±0.02	1.30±0.22
精氨酸 (Arg) ^b	1.08±0.11	2.65±0.34
脯氨酸 (Pro)	0.86±0.10	2.05±0.12
必需氨基酸	7.83±1.39	17.71±0.54
非必需氨基酸	10.90±2.28	24.98±2.34
药用氨基酸	12.11±1.04	28.11±1.09
总氨基酸	18.73±1.47	42.69±2.63
必需氨基酸占总氨基酸百分比	41.83±2.43	41.49±3.39

注：a. 必需氨基酸，b. 药用氨基酸。

氨基酸是构成生物体内蛋白质的基本单位，与生物体的生命活动有着十分密切的关系。氨基酸在机体内具有特殊的生理功能，也是生物体内不可或缺的营养成分之一^[14]。由表2可知：鲜羊肝与羊肝干产品中均含有17种氨基酸，氨基酸总量分别为18.73%和42.69%；17种氨基酸中包含成年人所需的必需氨基酸共7种，鲜羊肝及羊肝干中必需氨基酸占总氨基酸的百分比分别为41.83%和41.49%，均接近联合国粮农组织/世界卫生组织（United Nations Food Agriculture Organization/World Health

Organization, FAO/WHO) 规定的40%^[15], 说明羊肝易于被人体吸收; 鲜羊肝及羊肝干富含谷氨酸、亮氨酸、天冬氨酸等, 其中鲜羊肝中谷氨酸含量高达2.45%, 与余群力等^[16]对猪、牛、羊中氨基酸组成的研究结果较为相似。谷氨酸和天冬氨酸是食物中鲜味氨基酸的主要组成部分, 特别是谷氨酸, 它是最重要的鲜味氨基酸, 而且作为药用氨基酸可用于制成防治肝性昏迷的药物^[17-18]。另外, 经过加工处理的羊肝干氨基酸含量均高于原料鲜羊肝, 主要原因是羊肝干内部水分含量降低, 同时受其他原料的影响。

2.1.3 鲜羊肝及羊肝干的脂肪酸组成及特点

表3 鲜羊肝及羊肝干的脂肪酸组成及含量

Table 3 Fatty acid compositions of raw sheep liver and sheep liver jerky

脂肪酸	鲜羊肝	羊肝干
羊油酸 (C _{6:0})	0.04±0.02	—
月桂酸 (C _{12:0})	0.12±0.11	0.13±0.02
十三碳酸 (C _{13:0})	0.01±0.21	0.02±0.04
肉蔻酸 (C _{14:0})	1.26±0.22	1.17±0.10
肉蔻油酸 (C _{14:1})	0.01±0.00	—
十五碳酸 (C _{15:0})	0.57±0.21	0.69±0.03
棕榈酸 (C _{16:0})	22.93±5.23	30.63±6.91
棕榈油酸 (C _{16:1})	0.91±0.12	0.15±0.03
珍珠酸 (C _{17:0})	2.86±1.23	3.69±1.32
十七碳一烯酸 (C _{17:1})	1.11±0.08	0.02±0.00
硬脂酸 (C _{18:0})	26.94±5.96	37.47±7.02
反式油酸 (C _{18:1 n-7t})	—	1.91±0.33
油酸 (C _{18:1 n-7c})	26.36±4.22	10.15±2.01
γ-亚麻酸 (C _{18:3 n-6})	0.25±0.02	0.16±0.01
亚油酸 (C _{18:2 n-6c})	9.55±3.34	5.12±1.29
反式亚油酸 (C _{18:2 n-6t})	—	0.53±0.04
α-亚麻酸 (C _{18:3 n-3})	0.35±0.21	0.25±0.03
二十碳酸 (C _{20:0})	0.02±0.00	0.19±0.01
花生一烯酸 (C _{20:1})	0.11±0.09	0.26±0.03
顺,顺,顺-8,11,14-二十碳三烯酸 (C _{20:3})	0.54±0.12	0.32±0.40
花生四烯酸 (C _{20:4})	3.68±2.01	3.67±1.23
二十一碳酸 (C _{21:0})	—	0.65±0.01
顺,顺,11,14-二十碳二烯酸 (C _{22:0})	0.11±0.03	0.76±0.05
山嵛酸 (C _{22:0})	0.15±0.02	—
二十二碳一烯酸 (C _{22:1})	0.11±0.06	0.18±0.02
二十二碳六烯酸 (C _{22:6c})	0.92±0.23	0.60±0.44
二十三碳酸 (C _{23:0})	0.28±0.01	—
二十四碳酸 (C _{24:0})	0.31±0.29	0.51±0.02
二十四碳一烯酸 (C _{24:1c})	0.21±0.07	0.17±0.00
二十碳五烯酸 (C _{25:5c})	0.30±0.20	0.13±0.04
饱和脂肪酸	55.59±0.03	75.91±0.21
不饱和脂肪酸	44.41±2.11	24.09±1.40
总脂肪酸	100.00	100.00

注: —, 未检出。

脂肪酸按其饱和程度分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸2种。由表3可知, 鲜羊肝中共检测出27种脂肪酸, 羊肝干共检测出26种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸含量分别为55.59%和75.91%, 且含有丰富的不饱和脂肪酸, 鲜羊肝

及羊肝干中不饱和脂肪酸含量分别为44.41%和24.09%。鲜羊肝与羊肝干中的脂肪酸主要以硬脂酸、棕榈酸及油酸为主, 其中硬脂酸含量最高, 为26.94%~37.47%, 棕榈酸次之 (22.93%~30.63%), 油酸含量为10.15%~26.36%。研究发现, 不饱和脂肪酸具有降低血糖、胆固醇、调节血脂等作用, 而油酸是顺式单不饱和脂肪酸的主要组成成分, 具有保护脂蛋白免受氧化的作用^[19]。动物的必需脂肪酸包括亚油酸、亚麻酸及花生四烯酸3种多不饱和脂肪酸, 鲜羊肝及羊肝干中这3种必需脂肪酸含量都较高, 其中亚油酸含量为5.12%~9.55%。必需脂肪酸是生物体组织细胞的构成成分, 具有参与线粒体及细胞膜磷脂合成、加快体内脂质代谢、合成前列腺素必需的前体物质等^[20]重要作用。羊肝经加工后饱和脂肪酸含量升高, 不饱和脂肪酸含量降低, 导致这种变化的原因可能是鲜羊肝制作成羊肝干后, 水分含量减少, 饱和脂肪酸含量提高; 而不饱和脂肪酸含量下降则可能是由于高温、氧气、水分等因素对羊肝中的油脂等组分发挥催化作用, 引起油脂发生氧化、水解、裂解等一系列反应, 最终导致不饱和脂肪酸含量降低^[21]。

2.1.4 鲜羊肝及羊肝干的矿物质组成

表4 鲜羊肝及羊肝干的矿物质含量

Table 4 Mineral contents of raw sheep liver and sheep liver jerky

矿物质	鲜羊肝	羊肝干
钙	119.54±4.31	278.14±6.67
镁	151.23±3.57	383.43±9.37
铜	59.13±0.29	115.24±6.65
铁	150.62±9.21	138.45±3.78
锌	44.86±2.35	106.31±2.87
铬	0.43±0.02	0.69±0.05
镉	0.07±0.01	0.05±0.00
铅	0.14±0.02	0.10±0.03

由表4可知, 鲜羊肝及羊肝干中矿物质元素含量非常丰富, 特别是镁、铁、钙、铜、锌等矿物质, 且羊肝干中这些矿物质的含量均高于鲜羊肝, 这主要是外加原料以及水分含量减少所致。研究证明, 镁能促进牙齿和骨头的持续发育和生长, 同时促进体内的一些化学反应 (产生新细胞及能量)^[22-23]。铁是血红素的必需组成元素, 缺铁的典型症状是缺铁性贫血^[24], 食用羊肝可改善气血不足的症状。钙大多来自牛乳及一些乳制品, 钙的生理功能多样, 是构成牙齿和骨骼的主要组成成分, 对牙齿起支持和保护作用^[25]。目前, 我国人口中儿童及老人缺钙现象非常普遍, 故羊肝的进一步开发利用有望为儿童和老人提供一种新型的补钙营养食品。另外, 鲜羊肝和羊肝干中的铬 (≤1.0 mg/kg)、镉 (≤0.5 mg/kg)、铅 (≤0.2 mg/kg) 等矿物质元素含量均未超标^[26], 可以放心食用。

2.1.5 鲜羊肝及羊肝干的VA含量

VA是人体生长发育及维持机体生命活动的必需营养素之一，也是构成视色素的主要成分。VA可以维持正常的视觉功能，对防止夜盲症也十分有效。另外，VA对机体上皮细胞结构的完整与健康、促进机体正常生长发育等均有十分重要的作用^[27]。目前在全球范围内广泛存在VA缺乏等问题，与铁缺乏、碘缺乏等营养不良症状被WHO列为营养素缺乏性疾病^[28-29]。

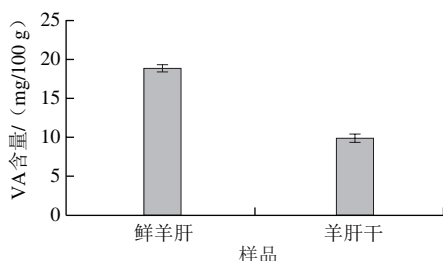


图1 鲜羊肝及羊肝干中VA的含量

Fig. 1 VA contents in raw sheep liver and sheep liver jerky

由图1可知，鲜羊肝和羊肝干中VA含量分别为18.84 mg/100 g和9.84 mg/100 g。鲜羊肝制成羊肝干后，VA含量下降，是未加工鲜羊肝的52.23%。主要原因是烹饪过程中VA在高温及长时间作用下与油脂不断进行接触，使其氧化加快，部分VA溶解于油脂中，最终导致VA的流失^[30-31]。食物在烹饪过程中自身也会在一定程度上对VA进行破坏。因此羊肝干的烘烤温度应为55~60℃且烘烤时间控制在3 h，以降低对VA含量的影响。

2.2 鲜羊肝及羊肝干的食用品质特性

2.2.1 鲜羊肝及羊肝干的色泽

肉色对消费者是否购买产品起决定性作用，同时也是评判鲜肉及肉制品货架期的重要因素，可直接影响肉制品各项经济指标，因为在不直接接触肉品时，直观颜色比其他质量指标更为重要^[32]。肉色主要取决于肌红蛋白的存在形式及比例。通常情况下，肌肉颜色越鲜艳越好。

表5 鲜羊肝及羊肝干的色差

Table 5 Color difference values of raw sheep liver and sheep liver jerky

样品	L^*	a^*	b^*
鲜羊肝	197.40±3.56	40.76±2.15	43.50±3.35
羊肝干	126.60±1.57	23.80±2.43	39.20±1.80

由表5可知，鲜羊肝的色泽较为鲜艳，随着对鲜羊肝进行热处理，氧气与温度的作用导致蛋白质氧化变性，羊肝 L^* 降低，羊肝干内部脂肪被氧化、发生变色，使 a^* 也降低。

2.2.2 鲜羊肝及羊肝干的嫩度

在肉的食用品质中，除了色泽，嫩度也是评价肉制品品质的一个重要指标，并且在很大程度上对消费者的

购买力起着决定性作用^[33]。剪切力是衡量肉制品嫩度的重要指标。

表6 鲜羊肝及羊肝干的剪切力

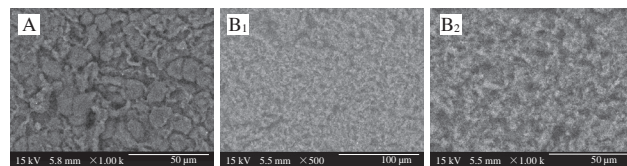
Table 6 Shear force of raw sheep liver and sheep liver jerky

指标	鲜羊肝	羊肝干
剪切力/N	24.89±1.43	57.78±2.56

由表6可知，羊肝干的剪切力明显大于鲜羊肝，由于在烘烤过程中，羊肝干表面水分蒸发速率大于内部水分扩散到表面的速率，使得羊肝干表面出现结壳现象，最终引起羊肝干变硬，质地变差，剪切力随之增加。另外，羊肝干内部结构发生了一定的变化，这也是引起羊肝干剪切力增大的原因之一。

2.3 鲜羊肝及羊肝干的内部结构

肝脏表面有一薄层由致密的结缔组织构成的被膜，被膜深入肝内形成网状支架，将肝分隔为许多具有相似形态和功能的基本单位，称为肝小叶。肝小叶是肝结构和功能的基本单位，呈多面棱柱形状。



A. 鲜羊肝，放大倍数为1 000 倍；B. 羊肝干，下标1、2分别表示放大500、1 000 倍。

图2 鲜羊肝和羊肝干的扫描电镜图

Fig. 2 Scanning electron microscopy pictures of raw sheep liver and sheep liver jerky

由图2可知：原料鲜羊肝中肝小叶整体光滑，没有出现断裂现象，大小、结构一致，且排列紧凑；鲜羊肝经过腌制、烘烤等工艺制作成羊肝干后，羊肝内部水分流失，导致蛋白质变性，使其内部结构发生变化，被膜破裂，肝小叶与被膜分离，包裹在里面的肝细胞等结构也发生分离，羊肝内部结构完整性遭到破坏。用组织学特性对肉品品质进行评价在很早就已引起重视，无论是进行理化特性评价，还是感官特性等评价，均以肉品内部结构为基础。许多研究已经证明，肉品内部结构的形态、排列和密度均是影响肉制品嫩度和系水力变化的重要指标^[34]。

3 结论

鲜羊肝和羊肝干的水分含量分别为67.18%和35.18%，蛋白质含量分别为23.26%和47.13%，脂肪含量分别为5.12%和10.06%；鲜羊肝和羊肝干中均检测出17种氨基酸，其中含有7种人体必需氨基酸，氨基酸总量分别为18.73%和42.69%，必需氨基酸总量分别为7.83%和17.71%；鲜羊肝中共检测出27种脂肪酸，羊肝干中共

检测出26种脂肪酸,其中饱和脂肪酸含量分别为55.59%和75.91%,且含有丰富的不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸分别占总脂肪酸的44.41%和24.09%;鲜羊肝和羊肝干富含矿物质,其中镁、铁、钙等矿物质含量较高;鲜羊肝和羊肝干VA含量分别为18.84、9.84 mg/100 g。综上所述,原料鲜羊肝与羊肝干的营养价值均非常丰富,羊肝干具有较好的开发价值。

参考文献:

- [1] 王延群. 肝血不足吃点羊肝[J]. 医食参考, 2012(10): 48.
- [2] 韩志慧, 隋皎, 马佩珍. 明目羊肝羹的工艺技术研究[J]. 山西农业科学, 2013, 41(3): 254-258. DOI:10.3969/j.issn.1002-2481.2013.03.14.
- [3] 张佳男. 明目羊肝丸联合自体血清治疗白内障超声乳化术后干眼症疗效研究[J]. 陕西中医, 2017, 38(1): 93-94. DOI:10.3969/j.issn.1000-7369.2017.01.046.
- [4] 杨月欣. 中国食物成分表(2004第二册)[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005.
- [5] FRØSLIE A, ULVUND M J, MAINA J N, et al. Trace elements in grass, cattle liver and sheep liver from districts surrounding Karatina, Kenya. II. Copper, molybdenum, zinc and sulphur[J]. Nord Vet Med, 1983, 35(5/6): 213-218. DOI:10.3969/j.issn.1674-862X.2011.04.006.
- [6] BAH C S F, BEKHIT E D A, CARNE A, et al. Production of bioactive peptide hydrolysates from deer, sheep and pig plasma using plant and fungal protease preparations[J]. Food Chemistry, 2015, 176: 54-63. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.12.025.
- [7] 罗扬, 刘成国, 陈瑶, 等. 真空腌制技术及其在食品加工中的应用研究[J]. 肉类研究, 2010, 24(6): 31-34. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2010.06.009.
- [8] 吴姝宓. 乳清奶酪酥饼的加工工艺及其品质功能特性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018: 10.
- [9] 农业部畜禽产品质量监督检验测试中心, 北京国农工贸发展中心. 肉嫩度的测定 剪切力测定法: NY/T 1180—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [10] 陈利忠. 发酵牛肉干工艺及其产品特性的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2009: 30.
- [11] 张珂. 保水剂和解冻方法对冻藏罗非鱼片品质的影响[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2016: 9.
- [12] PALKA K, DAUN H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating[J]. Meat Science, 1999, 51(3): 237-243. DOI:10.1016/s0309-1740(98)00119-3.
- [13] 张宇. 羊肝蛋白提取工艺的优化及其抗氧化性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014: 13.
- [14] 余传隆. 氨基酸与人类健康[J]. 氨基酸和生物资源, 1999(4): 4-8.
- [15] FAO/WHO. Energy and protein requirements[C]//Report of a Joint FAO/WHO Adhoc Expert Committee. FAO Nutritional Meeting Report Series No. 52, Rome: 1973.
- [16] 余群力, 冯玉萍. 家畜副产物综合利用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2014: 150-170.
- [17] 高素敏. 品种、饲养方式对鸡肉中主要营养成分及风味前体物质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008: 59-60. DOI:10.7666/d.y1336522.
- [18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典临床用药须知: 中药成方制剂卷[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2011: 179-201.
- [19] 王炜, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性[J]. 中国食物与营养, 2005(4): 44-46. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2005.04.014.
- [20] 姜琳琳, 刘华贵, 齐德生, 等. 鸡肉中脂肪酸的研究进展[J]. 肉类研究, 2006, 20(1): 37-40.
- [21] 刘权, 沈誉渊, 杭雅娟. 油炸油和火锅油中脂肪酸的变化[J]. 轻工科技, 2012(9): 29-31.
- [22] 潘明, 刘果, 侯若彤, 等. 高原露鼠肉营养成分分析及评价[J]. 四川动物, 2006, 25(1): 150-152. DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2006.01.041.
- [23] 园艺. 食品中化学元素对人体健康的作用[J]. 中国标准化, 2003(3): 70-71. DOI:10.3969/j.issn.1002-5944.2003.03.030.
- [24] 李琼芳, 莫海洪, 张穗娟. 微量元素在生命体中的最适浓度[J]. 广东微量元素科学, 2003, 10(10): 14-17. DOI:10.3969/j.issn.1006-446X.2003.10.003.
- [25] 李炳云. 机体钙营养与合理补钙[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(7): 160-163. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2010.07.047.
- [26] 四川省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 农业部食品质量监督检验测试中心, 中国绿色食品发展中心. 绿色食品畜禽可食用副产品: NY/T 1513—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [27] 王朝宗, 张洪峰, 王乐, 等. 维生素A生理功能研究现状[J]. 临床医药文献电子杂志, 2015(1): 196-197.
- [28] RIVERA J A, HOTZ C, GONZÁLEZ-COSSÍO T, et al. The effect of micronutrient deficiencies on child growth: a review of results from community-based supplementation trials[J]. Journal of Nutrition, 2003, 133(2): 4010S. DOI:10.1016/j.jnutbio.2004.07.007.
- [29] 黎海芪. 铁、碘、维生素A微营养素的现代观[J]. 中国儿童保健杂志, 2002, 10(3): 178-181. DOI:10.3969/j.issn.1008-6579.2002.03.014.
- [30] 祝海珍. 烹饪方式及冷藏时间对肝脏中维生素A含量的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(4): 43-47. DOI:10.3969/J.ISSN.1005-6521.2018.04.008.
- [31] KIM S Y, KIM B M, KIM J B, et al. Effect of steaming, blanching, and high temperature/high pressure processing on the amino acid contents of commonly consumed Korean vegetables and pulses[J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2014, 19(3): 220-226. DOI:10.3746/pnf.2014.19.3.220.
- [32] 朱彤, 王宇, 杨君娜, 等. 肉色研究的概况及最新进展[J]. 肉类研究, 2008, 22(2): 16-23.
- [33] 李超, 徐为民, 王道营, 等. 加热过程中肉嫩度变化的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(11): 262-265. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.11.059.
- [34] 黄丽娟. 肉品品质的电子舌评价研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2008: 6-8.