

松嫩平原农情遥感监测系统的设计与实现

张亮, 那晓东*, 臧淑英 (哈尔滨师范大学, 黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150025)

摘要 利用 MATLAB 语言进行可视化设计出松嫩平原农情遥感监测系统, 客观地对松嫩平原农作物生长状况的历史数据进行评估和实时监控。松嫩平原农情遥感监测系统主要功能为农作物长势监测 (NDVI、VCI、MVC、RMNDVI、RPNDVI) 和自动化提取农作物 (玉米、水稻、大豆) 等松嫩平原重要粮食作物遥感信息, 同时对 3 类地表 (湿地、林地、草地) 等分类。该监测系统解决了松嫩平原植被遥感信息提取研究中需要处理大量影像数据的问题, 为未来研究松嫩平原植被特征变化和规律提供了非常好的技术支持; 也可以应用于其他区域和影像数据研究中, 具有稳定性好、处理数据速度快、分类精确度高的特点。

关键词 松嫩平原; 农情遥感监测; 长势指标; 自动化分类; MATLAB 编程; 可视化

中图分类号 S-058 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)07-0170-04

Design and Implementation of Agricultural Remote Sensing Monitoring System for Songnen Plain

ZHANG Liang, NA Xiao-dong, ZANG Shu-ying (Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment, College of Heilongjiang Province, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025)

Abstract The article used MATLAB language to visually design the agricultural remote sensing monitoring system for Songnen Plain, the historical data on crop growth in the Songnen Plain were evaluated and monitored in real time. The remote sensing monitoring system for agriculture in Songnen Plain already had main functions of monitoring of 5 classes growth index (NDVI, VCI, MVC, RMNDVI, RPNDVI) and automatic extraction of crops (corn, rice, soybean) and Songnen Plain important food crops of remote sensing information, at the same time for classification of three kinds of the surface such as wetland, forest land and grassland. The monitoring system solved the problem of processing large quantity of image data in the study of remote sensing information in the vegetation of the Songnen Plain, provided excellent technical support for studying the changes and regularity of vegetation characteristics in the Songnen Plain in the future. It can also be applied in other areas and imaging data studies, which has good stability, fast data process, high classification accuracy.

Key words Songnen Plain; Agricultural remote sensing; Growth index; Automatic classification; MATLAB; Visualization

农作物种植面积是影响粮食产量的重要因素, 快速、及时、准确、高效地获取农作物分布信息, 已成为现代农业发展的一大要求, 且农作物的识别与分类对社会经济、粮食安全、生态功能以及政府政策制定等都有重要影响^[1-2]。

遥感在农业监测和估产系统中应用已有较长的历史, 现已开发了一些国家级的农情遥感监测系统, 而松嫩平原还没有农情遥感监测系统的相关研究和开发^[3]。目前, 大多利用中高分辨率卫星 Landsat、单一时相的 TM、SOPT、IKONOS 和 ERS-1/2 等数据源来进行植被遥感监测, 对于农作物类型识别有一定可行性, 国内的专业研究人员围绕农作物面积遥感估算进行了比较深入的研究^[4-5]。王茂新等^[6]在冬小麦与同期主要大宗作物绿度-时相曲线对比分析的基础上, 对利用 NOAA 图像检测冬小麦面积的方法进行了研究。方红亮^[7]利用 TM 卫星数据, 研究了水稻面积遥感提取方法, 精度达 84% 以上。1991—1995 年在科技部的组织下, 中国科学院等单位采用 Landsat/TM 和 NOAA/AVHRR 影像数据对重点产粮区小麦、水稻、玉米种植面积和产量情况进行估算, 小麦估算精度达 90%, 水稻和玉米估算精度为 85% 以上, 基本掌握了利用遥感数据对作物估产的主要技术和实现途径^[8-10]。国外有研究将 MODIS 的 NDVI 时间序列应用于草地植被分类^[11-14], 也有将此方法应用于湿地植被信息提

取^[15]。该研究中的系统以不同平原植被类型的物候特征为依据, 采用基于傅里叶组相相似度指数的监督分类方法, 对松嫩平原重要的农作物植被类型进行信息自动提取研究, 并利用最大似然法进行监督分类, 同时国内外研究将 MODIS 的 NDVI 时间序列应用于草地和湿地的植被分类之中, 但将此法应用到农用地植被信息提取的研究才刚刚开始^[15]。将农情监测系统应用于松嫩平原的研究尚未开始, 笔者对松嫩平原农情遥感监测系统进行设计与开发, 利用 MATLAB 语言进行系统的开发, 实现自动化监测以及农作物长势和植被信息自动提取。以下将对该监测系统的监测方法、系统设计与功能、系统实现与运行等进行详细说明。

1 监测理论方法

1.1 长势指标监测 松嫩平原农情遥感系统基于 NDVI 时间序列对于 2000—2015 年全年的 23 幅 NDVI 数据影像进行 5 类指标计算, 即 NDVI (归一化植被指数)、VCI (某一年 NDVI 与所有年份中 NDVI 最大值和最小值之比)、MVC (某一年 NDVI 与某一年之前所有年份 NDVI 平均值之比)、RMNDVI (某一年 NDVI 与某一年之前所有年份 NDVI 中值之比)、RPNDVI (某一年 NDVI 与前一年 NDVI 之比)。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

$$VCI = \frac{NDVI(x, y) - NDVI_{\min}(x, y)}{NDVI_{\max}(x, y) - NDVI_{\min}(x, y)}$$

$$MVC = \frac{NDVI(x, y) - NDVI_m(x, y)}{NDVI_m(x, y)}$$

$$RMNDVI = \frac{NDVI(x, y) - NDVI_{med}(x, y)}{NDVI_{med}(x, y)}$$

基金项目 黑龙江省自然科学基金项目 (D201409); 黑龙江省普通高校毕业生青年骨干学术项目 (1253G034); 黑龙江普通本科高等学校青年创新人才培养计划 (UNPYSCT-2016073)。

作者简介 张亮 (1989—), 男, 黑龙江佳木斯人, 硕士研究生, 研究方向: 遥感信息提取。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事多源遥感信息提取研究。

收稿日期 2017-07-12

$$RPNDVI = \frac{NDVI(x, y) - NDVI_{i-1}(x, y)}{NDVI_{i-1}(x, y)}$$

1.2 自动分类 采用 Evans J P 提出的基于傅里叶组分解相似性指数的监督分类方法,采用逐像素计算影像上 NDVI 波形与参考像素 NDVI 波形的相似性方法来区分植被类型,运用于松嫩平原农情遥感监测系统的开发之中,并利用最大似然法进行监督分类。最大似然法在遥感影像分类中应用非常广泛,具有分类精度高的特点,系统实现自动分类能够准确快速处理需要的 MODIS NDVI 影像,并为更好地研究松嫩平原的农作物长势和农作物分布监测提供可靠数据依据。利用 ENVI 软件得出玉米、水稻、大豆等植被 NDVI 时间序列图,玉米 NDVI 时间序列图见图 1。

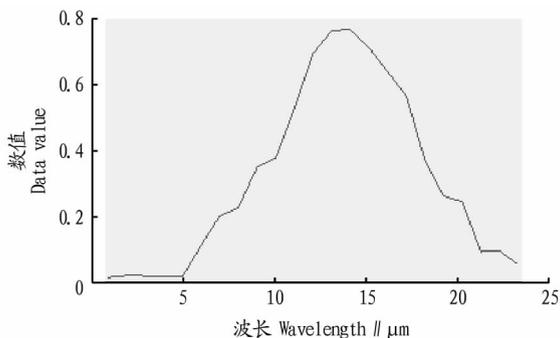


图 1 玉米的 NDVI 时间序列图

Fig.1 NDVI time series figure

2 系统设计与功能

2.1 系统设计

2.1.1 开发语言。 MATLAB 是由 Mathwork 公司推出的一种高性能的数值计算和可视化软件,有强大的矩阵运算及图形显示能力,还有多样化的各种工具箱可供使用,在数值分析、信号处理、系统辨别、特殊函数和图形等方面具有广泛的应用^[16]。在遥感影像分析处理中,以往研究用到 MATLAB 语言进行图像处理,可以得到精确度比较高的结果,但是每次都需要研究者进行编程,缺点是处理时间长,对电脑配置要求高。现在用 MATLAB 编程软件进行可视化编程,可以直接进行影像处理,优点是简单、快捷、准确地得出影像处理结果,便于研究。

2.1.2 数据库。 所使用的 MODIS 产品数据是 2000—2015 年全年的 23 幅 NDVI 影像数据,对应的具体时间是每年 1 月 1 日—12 月 18 日。由于松嫩平原地跨两景 MODIS 影像,采用 Erdas9.2 软件完成数据的镶嵌,并将影像由地球投影系统 (SIN) 投影到阿尔伯斯系统 (Albers); 利用 MODIS 产品批处理工具 MRT(modis reprojection tool) 软件对 MODIS 进行空间拼接、投影转换和重采样等处理,最终输出成 Albers 投影,空间分辨率统一为 250 m 反射率数据^[17]。高时间分辨率数据结合物候信息在大区域作物空间分布及土地覆被监测中发挥了重要作用^[18-20]。利用 MODIS 植被指数时间序列及作物物候特征并融合中高分辨率数据,利用阈值或模型等来分析作物分布格局^[21-23] 等。

2.2 开发环境 农情遥感监测系统后台构建的数据库采用

的是系统文件,可以加载相同类型数据影像。系统开发利用可视化编程技术基于 MATLAB 语言编写而成。实现直接通过编辑 M 脚本文件产生 GUI,通过 MATLAB 图像用户界面开发环境 GUIDE (graphical user interface development environment) 来形成相应文件,具有简单、运算功能强大、安全、面向对象等优点。

2.3 系统设计流程 农情遥感监测系统运行主要是农作物长势指标计算、区域农作物自动分类等。计算 5 类长势指标,并进行数据分析、处理和总结等。自动分类可以将研究区域农作物进行分类,并进行估产和多年对比研究,评价分析某类经济作物种植面积变化趋势。农情系统设计流程见图 2。

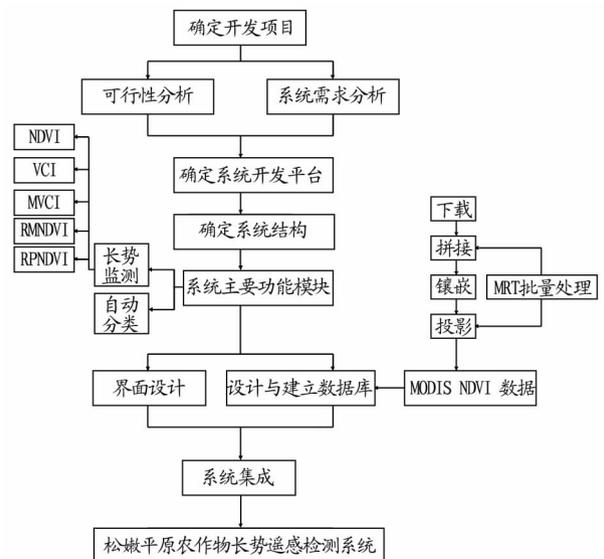


图 2 系统设计流程

Fig.2 The flow of the system design

2.4 界面框架 松嫩平原农情监测系统界面由文件区 (对比选择——年内和年间、周期、文件列表、指标类型)、工具栏 (放大、缩小、pan、拖放、home、刷新、上一个、下一个、确定像素值、定义状态/平原、定义矩形、进入、刷新图层、下载、清除、显示、统计数据、配置文件、截图)、功能按键 (计算、分类)、输出界面 (图 3) 组成。

输出结果可以用来研究整个松嫩平原农作物长势和对农作物进行估产。同时可以对任何数据影像进行边界裁剪,实现完全自动化。

3 系统实现与运行

3.1 系统运行

3.1.1 长势监测。 系统对 2000—2015 年多时相 16 d 合成的 250 m 分辨率 MODIS - NDVI 数据进行处理分析,松嫩平原农情监测系统根据不同植被类型物候特征的差异,首先将 NDVI 数据分为 11 个区间 (图 4),充分直观展示松嫩平原 MODIS 影像植被生长状况。通过 NDVI 影像对其他 4 类长势指标进行计算,得到不同植被条件指标, VCI、MVCI、RMNDVI、RPNDVI (图 5)。VCI 在 0~1 时被分为 9 个区间, MVCI、RMNDVI、RPNDVI 被分为 7 个区间。MVCI 和 RMND-

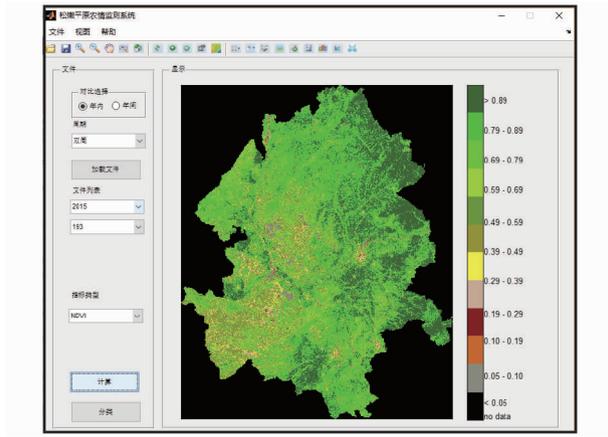


图3 输出界面

Fig.3 Output interface

VI 从正数到负数,长势由优到差;VCI 和 RPNDVI 数值越大证明长势越好,可以非常科学直观通过图像和图例数值体现农作物长势。

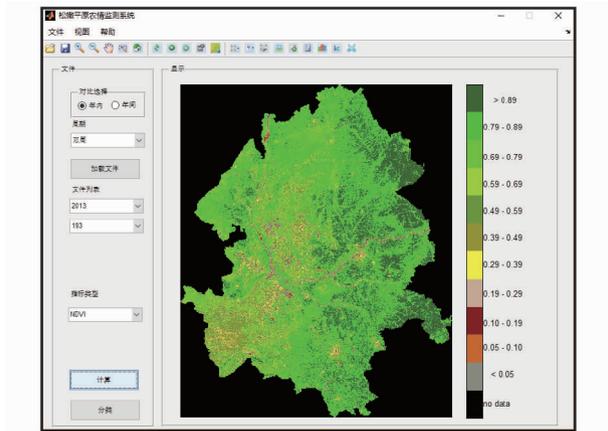


图4 归一化植被指数

Fig.4 Normalized difference vegetation index

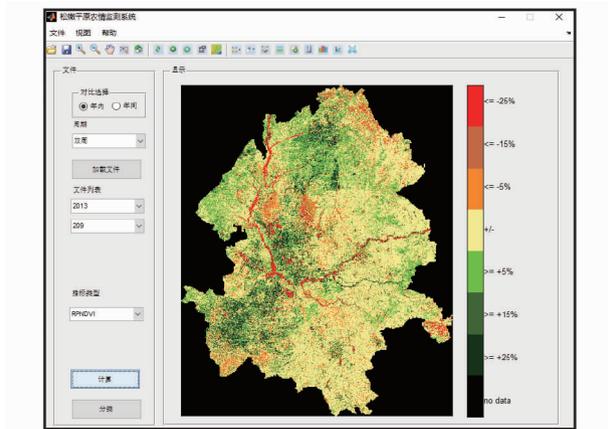


图5 植被指数

Fig.5 Vegetation index

3.1.2 自动分类。作物遥感估产包括农作物长势、产量趋势监测及产量的早期预报^[24]。目前国内外普遍将农情监测系统应用于长势监测和估产,而对于自动分类研究才刚刚开始。该系统可以自动对 MODIS NDVI 影像进行分类,通过分

类可以对农作物产量进行更加准确的预报,并且可以进行逐年对比研究,使研究结果更加直观。笔者列举了 2013 年松嫩平原农作物分类图像(图 6),该图例包含大豆、玉米、水稻,同时将林地、湿地、草地、建筑用地和河流、湖泊归为 1 种颜色。由于大豆、玉米、水稻是松嫩平原主要的经济作物,所以该系统对此 3 类农作物进行分类。

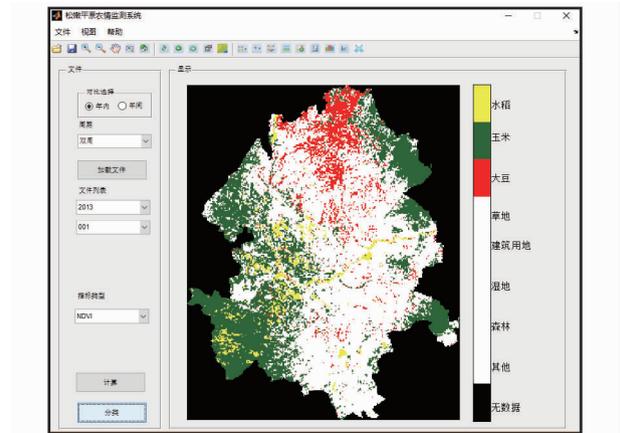


图6 影像分类

Fig.6 Image classification

3.2 运行环境 系统主要采用 MATLAB 语言编写而成,需要用户下载 MATLAB 客户端,系统主要完成各类应用,包括图像处理、专题信息提取、统计分析等,由于处理对象为遥感影像、矢量信息等,因而对计算机性能要求较高,在普通个人计算机上安装 MATLAB 2013 版本以上软件即可运行^[25]。

4 结论与展望

基于 MATLAB 语言对松嫩平原农情监测系统进行开发,可以实现平原农作物遥感监测流程系统化,松嫩平原管理效率有效提高。笔者查阅国内外文献后,针对各类监测系统进行分析,认为松嫩平原农情遥感监测系统已经比较完善,将农情遥感监测农作物长势指标类型增加到 5 类,并比较其他遥感监测系统不足之处,同时增加利用傅里叶组分提取特征信息,并利用最大似然法建立概率模型,系统自动提取农作物的分布信息,实现自动分类,并对松嫩平原农作物长势进行监测,计算各类农作物种植面积和历年农作物面积变化,同时进行作物估产,为政府农业经济生产决策提供依据与信息。

该系统还需要进一步开发和优化,批量进行影像分类,这样会节约使用者时间,优化算法,提高分类精度。同时设计在线监控松嫩平原农作物长势,实时监测研究区域作物生长状态。该系统推进了松嫩平原实时监测的推广和应用,今后可不断完善和增加各项有关研究农作物长势的功能。

参考文献

- [1] 陈思宁,赵艳霞,申双和. 基于波谱分析技术的遥感作物分类方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(5): 154-160.
- [2] 吴炳方. 中国农情遥感速报系统[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 481-497.
- [3] 蒙继华,吴炳方,李强子,等. 全球农作物长势遥感监测系统的设计和实现[J]. 世界科技研究与发展, 2006, 28(3): 41-44.
- [4] LIU J Y, LIU M L, TIAN H Q, et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990-2000: An analysis based on Landsat TM data [J]. Remote sensing of environment, 2005, 98(4): 442-456.

- [5] VERBEIREN S, EERENS H, PICCARD I, et al. Sub-pixel classification of SPOT-VEGETATION time series for the assessment of regional crop areas in Belgium [J]. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 2008, 10(4): 486–497.
- [6] 王茂新, 裴志远, 吴全, 等. 用 NOAA 图像监测冬小麦面积的方法研究 [J]. *农业工程学报*, 1998, 14(3): 84–88.
- [7] 方红亮. 两种水稻种植面积遥感提取方案的分析 [J]. *地理学报*, 1998, 53(1): 58–65.
- [8] 夏德深, 李华. 国外灾害遥感应用研究现状 [J]. *国土资源遥感*, 1996, 29(3): 1–8.
- [9] 国家“八五”科技攻关项目办公室. 国家“八五”遥感科技攻关取得重大成果 [J]. *遥感技术与应用*, 1995, 10(1): 40–41.
- [10] 陈沈斌, 孙九林. 建立我国主要农作物卫星遥感估产运行系统的主要技术环节及解决途径 [J]. *自然资源学报*, 1997, 12(4): 363–369.
- [11] BECK P S A, ATZBERGER C, HqGDA K A, et al. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI [J]. *Remote sensing of environment*, 2006, 100(3): 321–334.
- [12] GEERKEN R, ZAITCHIK B, EVANS J P. Classifying rangeland vegetation type and coverage from NDVI time series using fourier filtered cycle similarity [J]. *International journal of remote sensing*, 2005, 26(24): 5535–5554.
- [13] EVANS J P, GEERKEN R. Classifying range land vegetation type and coverage using a Fourier component based similarity measure [J]. *Remote sensing of environment*, 2006, 105(1): 1–8.
- [14] GEERKEN R, BATIKHA N, CELIS D, et al. Differentiation of rangeland vegetation and assessment of its status: Field investigations and MODIS and SPOT VEGETATION data analyses [J]. *International journal of remote sensing*, 2005, 26(20): 4499–4526.
- [15] 那晓东, 张树清, 李晓峰, 等. MODIS NDVI 时间序列在三江平原湿地植被信息提取中的应用 [J]. *湿地科学*, 2007, 5(3): 227–236.
- [16] 陈怀铭, 蔡剑卿, 黄春晖. JAVA 和 MATLAB 混合编程及其应用 [J]. *科学技术与工程*, 2008, 8(14): 3953–3956.
- [17] 吴炳方, 张森, 曾红伟, 等. 大数据时代的农情监测与预警 [J]. *遥感学报*, 2016, 20(5): 1027–1037.
- [18] 熊勤学, 黄敬峰. 利用 NDVI 指数时序特征监测秋收作物种植面积 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25(1): 144–148.
- [19] XIAO X M, BOLES S, LIU J Y, et al. Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images [J]. *Remote sensing of environment*, 2005, 95(4): 480–492.
- [20] WARDLOW B D, EGBERT S L. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U. S. Central Great Plains [J]. *Remote sensing of environment*, 2008, 112(3): 1096–1116.
- [21] 陈颖姝, 张晓春, 王修贵, 等. 基于 Landsat 8 OLI 与 MODIS 数据的洪涝季节作物种植结构提取 [J]. *农业工程学报*, 2014, 30(21): 165–173.
- [22] 潘耀忠, 李乐, 张锦水, 等. 基于典型物候特征的 MODIS-EVI 时间序列数据农作物种植面积提取方法: 小区域冬小麦实验研究 [J]. *遥感学报*, 2011, 15(3): 578–594.
- [23] 黄青, 唐华俊, 周清波, 等. 东北地区主要作物种植结构遥感提取及长势监测 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(9): 218–223.
- [24] 裴志远, 郭琳, 汪庆发. 国家级作物长势遥感监测业务系统设计与实现 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25(8): 152–156.
- [25] 吴炳方. 全国农情监测与估产的运行化遥感方法 [J]. *地理学报*, 2000, 55(1): 25–35.

(上接第 151 页)

伊利酸奶的氨基酸态氮含量略高于蒙牛酸奶, 分别为 0.941% 和 0.874%, 氨基酸态氮含量与蛋白质分解程度相关。酸乳发酵过程中乳酸菌不断增殖, 并分泌蛋白酶和肽酶, 在蛋白酶和肽酶作用下, 可以降解酪蛋白和多肽, 产生丰富的小分子肽和氨基酸^[13]。酸乳发酵过程中水解蛋白产生的小分子肽和氨基酸具有重要的生理活性作用, 目前已从酸乳中分离出具有免疫调节活性、阿片样活性和降血压活性的相应肽段^[14–15]。氨基酸态氮含量反映了乳蛋白的水解程度, 对于酸乳中小分子肽和氨基酸等生理活性物质的分布和含量有指示作用。可见氨基酸态氮质量浓度不仅是反映酸乳功能特性的重要指标, 而且对于指示发酵进程也有一定意义^[16]。

对 4 个样品的总糖含量进行测定, 结果表明蒙牛纯牛奶中的总糖含量最低, 发酵之后总糖量增加了 1.81 倍, 而伊利纯牛奶总糖含量较蒙牛纯牛奶高很多, 仅比蒙牛酸奶低 1.09 mg/mL。伊利纯牛奶发酵之后总糖含量增加了 1.61 倍。不管哪种品牌的牛奶, 发酵之后酸奶中总糖含量均增加。有文献报道, 牛奶中的糖类 99.8% 都是乳糖^[17]。乳糖是牛奶中特有的、主要的碳水化合物, 含量为 4.5%~5.0%, 是牛奶中主要营养成分之一^[18], 也是判断牛奶品质的主要指标之一。牛乳经发酵后, 部分乳糖水解为半乳糖和葡萄糖, 半乳糖和葡萄糖又被转化为乳酸, 此时再进食发酵乳制品, 便不会引起乳糖不耐症现象^[19]。

综上所述, 乳制品已经成为当今社会的主要营养保健食品, 牛奶营养成分复杂, 被称为完全营养食物; 酸奶具有良好的风味和较高的营养价值, 还含有大量活菌, 有一定的保健作用。笔者对二者的蛋白质、氨基酸态氮和总糖含量进行了测定, 以期给不同人群在选择饮用乳制品时提供参考。

参考文献

- [1] PARK Y W, HAENLEIN G F W. *Handbook of milk of non-bovine mammals* [M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2006: 24–26.
- [2] 蒋明利. 酸奶和发酵乳饮料生产工艺与配方 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.
- [3] 刘娟. 凝固型蜂蜜-脱脂乳酸奶高还原糖转化率乳酸菌的诱变育种 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [4] 房健, 李朝霞, 陈红兴. 白扁豆酸奶的研制 [J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(11): 120–122.
- [5] 袁晋云. 保健蔬菜酸奶的研制 [J]. *科技情报开发与经济*, 2006, 16(24): 193–194.
- [6] 曾超珍, 吴耀辉, 刘志祥. 菠萝绿茶酸奶加工工艺研究 [J]. *中国科技信息*, 2005(23): 99.
- [7] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Anal Biochem*, 1976, 72(1/2): 248–254.
- [8] 中华人民共和国卫生部食品卫生监督检验所. 食品卫生检验方法理化部分(一): GB/T5009.1–5009.100—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [9] 王冬燕, 王远红, 郭丽萍, 等. 纳豆中氨基酸态氮含量的测定 [J]. *食品工业科技*, 2010(9): 361–362, 366.
- [10] 武平, 赵文婧, 徐晓娇, 等. 测定葡萄酒中总糖方法的探讨 [J]. *中国酿造*, 2011, 30(1): 163–165.
- [11] 张龙翔, 张庭芳, 李令媛, 等. *生化实验方法和技术* [M]. 北京: 人民教育出版社, 1981.
- [12] 陈麟璋. 酸乳与人体健康 [J]. *黄山学院学报*, 2005(6): 90–92.
- [13] GINOVART M, LÓPEZ D, VALLS, et al. Simulation modelling of bacterial growth in yoghurt [J]. *International journal of food microbiology*, 2002, 73(2/3): 415–425.
- [14] 李云松, 夏元军, 巩军. 概述乳制品加工中产生的生物活性肽 [J]. *食品科技*, 2003(9): 66–68.
- [15] 毛学英, 南庆贤. 乳及乳制品中生物活性肽的种类及功能多样性 [J]. *中国乳品工业*, 2004, 32(1): 41–43.
- [16] 范瑞, 许静, 顾宗珠. 酸乳发酵过程的理化特性研究 [J]. *中国乳品工业*, 2007, 35(10): 8–11.
- [17] 汪玉松, 邹思湘. *乳生物化学* [M]. 长春: 吉林大学出版社, 1995.
- [18] 高噪, 迂君, 栾燕, 等. 微波消解 ICP-AES 法测定保健品中的微量元素 [J]. *沈阳医学院学报*, 2002, 4(3): 171–172.
- [19] 李雅乾, 田洪涛, 田益玲, 等. 双歧杆菌与乳酸菌混合发酵胡萝卜汁牛奶饮料的工艺研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(6): 117–120.