

磁共振成像之 SE 序列在猪肉质量评估中的应用

——TR 值对成像质量的影响

张锦胜¹, 林向阳^{1,2}, 阮榕生^{1,*}, 何承云¹

(1. 南昌大学教育部食品科学重点实验室, 江西 南昌 330047;

2. 福州大学生物工程研究所, 福建 福州 350002)

摘 要 本文论述了采用核磁共振成像技术(Magnetic resonance imaging, MRI)中的自旋回波(Spin echo, SE)序列对猪肉进行二维成像, 从信号成像的质量效果入手, 在改变重复时间(Repeat time, TR)值的情况下分析图像变化规律。利用一系列图像信号值拟合得出了所测猪肉的纵向弛豫时间 T1 范围, 并发现了在 SE 序列成像过程中图像信号与 T1 之间有相关性。由此可推知, 准确计算 T1 值时应采集相应 TR 值段的图像信号。而图像中脂肪与瘦肉两部分的对比度在此范围之内也是差别最大, 这将有利于今后对猪肉进行 NMR 成像的质量分析的开展, 提供了一种研究食品物质性质的方法。

关键词: 核磁共振成像(MRI); SE 序列; 猪肉; T1; 信号强度

Study on the Application of MRI in Evaluation the Quality of Pork

——the TR Value's Influence on Its Quality of Imaging

ZHANG Jin-sheng¹, LIN Xiang-yang^{1,2}, RUAN Rong-sheng^{1,*}, HE Cheng-yun¹

(1. MOE Key Laboratory of Food Science, Nanchang University, Nanchang 330047, China

2. Institute of Biotechnology, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: This article is studying the rule of the image signal value when TR value is changed by MRI of SE sequence. The result is fit to the signal formula of SE sequence. A series of the image outcome show the T1 value on muscle and fat by the use of a fitting software. The rule between TR value and image signal value can be found. As a result, the best TR value scope will calculate an accurate T1 value. These results will be benefit for the quality analysis of meat in future work, and produce a method for food quality analysis.

Key words: MRI; SE sequence; meat; T1 value; image signal value

中图分类号 TS251.51

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)09-0036-03

核磁共振成像技术(Nuclear magnetic resonance: NMR)是一门新兴的分析手段, 在人体医学成像中使用已经较为普遍, 它能无损检测组织内部细微变化, 及早发现一般 CT 扫描所不能观测到的结果, 为医学诊断学提供有利的帮助。正是因为该技术的这些优点, 这项技术可以毫不逊色于以前研究食品性质的一些损伤组织的手段和方法。但核磁共振设备昂贵限制了其食品科学方面的应用研究, 国内食品科学的核磁共振成像(NMR)应用研究还处在摸索现象阶段, 没有完整的食品

的核磁共振性质可供参考。

国外 NMR 技术在食品中的应用主要致力于研究食品水分、油脂等成分的性质变化, 测量 T1, T2 值, 与食品运输、储藏过程相联系, 总结出相关食品的相关特性^[1~3]等等。在进行各类食品的研究中, T1 的测量都没有一个通则, 容易产生因重复时间(Repeat time, TR)值选择范围偏差, 而导致 T1 值测量的不准确性。由此, 本次实验就这一基础性问题展开研究, 从图像成像的质量效果入手, 了解发现图像信号变化规律, 并

收稿日期 2005-06-08

*通讯作者

基金项目: 江西省技术带头人培养计划项目(Z02605)

作者简介: 张锦胜(1971-), 助理研究员, 在职博士, 研究方向为核磁共振及其成像技术在食品科学中的应用。

和T1值相联系,得到今后探求食品成分T1值变化的一般方法,利于进一步研究食品的理化性质。

实验过程中,以真空包装的猪肉进行实验,确保实验过程中T1值不会随环境有太大变动。利用Minimri成像系统软件对小型核磁共振仪(磁体场强:0.3T)在不同TR值情况下进行采样,通过输出2D RAW data到Oisris4.19软件,再应用FT2D,VALUE等软件,采集获得固定区域的信号值。最后汇集到Excel2003中制成表格,应用数据分析软件拟合出最佳衰减函数图线。从图像中,就可得出了不同TR值下信号值变化规律。由于T1值在计算过程中和采集TR值点息息相关,故而在得到图像后,选取了适当的TR值范围 and 对应信号值(VALUE)放入T1T2Fit软件拟合出相应部分的T1值情况。

1 材料与方法

1.1 材料

市售猪肉(真空包装)。

1.2 仪器设备

小型磁共振成像仪系统 硬件由计算机、谱仪系统、梯度系统、射频系统、磁体系统等五部分组成。其中磁体系统中的场强为3000高斯(0.3T) 宁波建信机械有限公司; (YDMING MRI Imaging system)软件为Minimri成像系统分析软件 美国Minnesota大学磁共振实验室与华东师范大学研制); Oisris4.19图像分析软件, Origin7.5 数据分析软件。

1.3 方法

实验过程中仪器基本数据为TE值:21.0875ms; ACQ:10.773ms; P1、P2分别为:3.2ms; $D_1=2.5\text{ms}$, $D_2=2.0\text{ms}$, $D_3=0.2\text{ms}$, $D_4=0.9\text{ms}$, $D_5=0.3\text{ms}$, $D_6=0.5\text{ms}$ 。

利用Minimri成像系统软件对小型核磁共振仪在不同TR值情况下进行采样,通过输出2D RAW data到Oisris4.19软件,在FT2D,VALUE等程序应用下,采集获得固定区域的信号值。最后汇集到Excel2003中制成表格,把数据统一放入Origin7.5软件合成图象,并且拟合出最佳衰减函数图线。从图像中,就可得出了不同TR值下信号值变化规律。由于T1值在计算过程中和采集TR值点息息相关,故而在得到图像后,选取了适当的TR值范围 and 对应信号值(VALUE)放入T1T2Fit软件拟合出相应部分的T1值情况。

由于在Dos环境下获得的图像信号值范围不能过大,故而在取值时都是在因子10的情况下获得的,也就是采集的mean值比实际的图片上的值要小10倍。

1.4 实验步骤

1.4.1 设置TR值100~4900ms,每间隔400ms进行取值,通过使用MiniMRI, Oisris4.19, FT2D, VALUE等辅助工具进行图像信息采样,最后用origin7.5软件进

行图像合成。

1.4.2 根据上一步所得的结果数据显示,确定曲线变化大体规律,制定进一步细化实验,图像采集TR间距为50ms,得到详细图像信息,从而根据所采数据使用T1T2Fit软件拟合计算试验猪肉的T1值范围。采样细化分析,并总结T1与信号之变化的关系。

2 结果与讨论

通过软件选取样品的两个不同坐标区域S1和S2(见图3),在TR值100~4900ms之间,间隔400ms,做成像实验。提取两个区域的信号值并计算对比度。采集样品上的区域坐标值见表1(Oisris4.19软件)。

表1 实验的坐标值
Table 1 The region of selected in experiment

	S1		S2	
	X	Y	X	Y
区域(Region of interested, ROI)	125	109	129	137
宽度(Length)	14	8	28	14

表2 实验数据(FT2D和VAULE软件)
Table 2 Experiment data (FT2D and VAULE software)

TR	S1	S2	对比度
100	1419	731	0.3200000
500	1721	971	0.2786033
900	1703	1018	0.2517457
1300	1732	1035	0.2518974
1700	1749	1024	0.2614497
2100	1744	1047	0.2497313
2500	1755	1059	0.2473348
2900	1747	1033	0.2568345
3300	1751	1035	0.2569993
3700	1770	1030	0.2642857
4100	1737	1021	0.2596084
4500	1663	1065	0.2192082
4900	1679	1039	0.2354673

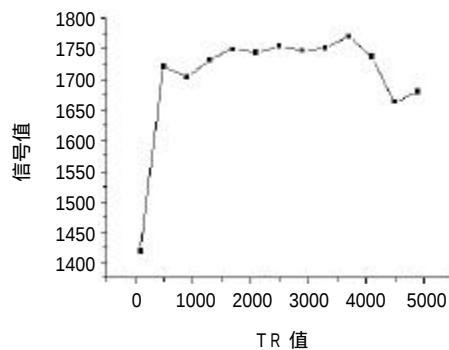


图1 实验中S1区域信号变化曲线图

Fig.1 Effect of TR value on the signal of region S1

图像中,自由水含量大的肥肉当中信号明显强于含水量低的瘦肉,图像上半部显示为肥肉的位置。从图

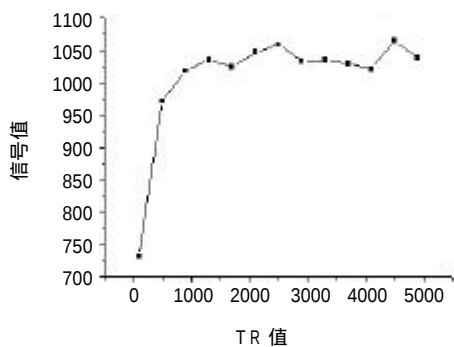
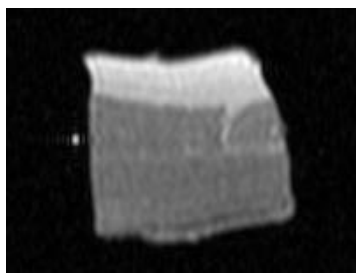


图2 实验 S2 区域信号变化曲线图

Fig.2 Effect of TR value on the signal of regime S2



S1: 指图像区域中光亮部分(根据猪肉的摆放位置判断此为脂肪部分)
S2: 指图像区域中灰暗部分(根据猪肉的摆放位置判断此为瘦肉部分)

图3 实验 TR=50ms 时的成像图

Fig.3 Image of TR equals 50ms

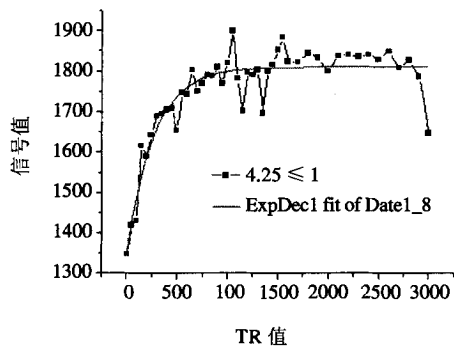


图4 实验中 S1 区域信号变化曲线

Fig.4 Effect of TR value on the signal of regime S1

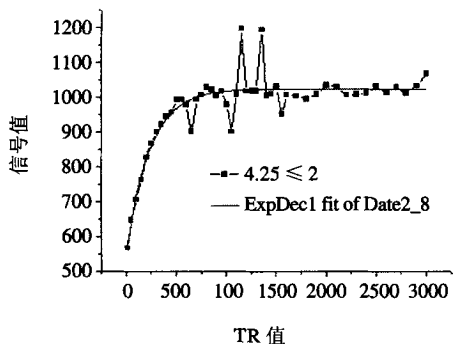


图5 实验中 S2 区域信号变化曲线图

Fig.5 Effect of TR value on the signal of regime S2

象信号 mean 值变化中我们可以初步判断: 在光亮区域中: TR 值从 0~1000ms 左右变化最大(见图 1); 在灰暗区域中: TR 值从 0~1500ms 左右变化最大(见图 2)。在此实验的基础上, 进一步缩小 TR 值的取值范围。取 TR 10~3000ms, 所做的实验结果见图 4、5。

从上述实验中: 在 TR 值变化过程中图像信号的变化成一定关系, 通过使用 OriginPro 7.5 软件拟合出曲线规律, 如图所示, 并得知该曲线符合指数式衰减 (Exponential Decay) 函数规律, 恰好与自旋回波 (SE) 序列信号强度公式 $S_{SE}(TE, TR) \approx N(H) [1 - \exp(-TR/T_1)] \exp(-TE/T_2)$ 变化规律相近似^[4~6]。根据图像信号值的变化与 T1 之间的关系可知, 在采集图像时应保持在 T1 值的 10~15 倍范围内, 有利于更精确的测量 T1。

4 结 论

本文研究了猪肉的 T1 值范围, 并由此发现在 SE 序列成像过程中图像信号与 T1 之间的关系。通过使用 OriginPro 7.5 软件拟合出曲线规律, 得知该曲线符合指数式衰减函数规律, 恰好与自旋回波序列信号强度公式 $S_{SE}(TE, TR) \approx N(H) [1 - \exp(-TR/T_1)] \exp(-TE/T_2)$ 变化规律相近似。根据图像信号值的变化与 T1 之间的关系可知, 在采集图像时应保持在 T1 值的 10~15 倍范围内, 有利于更精确的测量 T1。这将有利于今后对猪肉进行 NMR 成像的质量分析的开展, 提供了一种研究食品物质性质的方法。

参考文献:

- [1] R Roger Ruan, Xiaolan wang, Paul L Chen. NMR study of water in dough [J]. Paper-American Society of Agricultural Engineers, 1997, (3): 60-62.
- [2] R Roger Ruan, Xiaolan wang, Paul L Chen, et al. Study of water in dough using nuclear magnetic resonance [J]. Trends in Food and Terchnology, 1999, 10(10): 213-230.
- [3] Troutman Michelle Y, Mastikhin Igor V, Balcom Bruce J, et al. Moisture migration in soft-panned confections during engrossing and aging as observed by magnetic resonance imaging [J]. Food Engineering, 2001, 48(3): 257-267.
- [4] 赵喜平. 磁共振成像系统的原理及其应用 [M]. 北京: 科学技术出版社, 2000.
- [5] 北丸龟三. 核磁共振的基础与原理 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [6] 俎栋林. 核磁共振成像学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [7] 韩鸿宾. 临床磁共振成像序列设计与应用 [M]. 北京: 北京医科大学, 2003.