

# 자기공명영상을 이용한 복숭아 씨의 부피측정에 관한 연구

## Measurement of Peach & Pit Volume Using Magnetic Resonance Imaging Data

김철수\*

정희원

C. S. Kim

### 1. 서론

농산물의 내부 생리변화를 검사하기 위하여 1950년대 중반경에 자기공명(NMR)기술이 농학 분야에 이용되기 시작한 이후, 최근 들어서는 공간적인 위치에 따른 자기공명 특성의 변화를 감지할 수 있는 자기공명영상(MRI)도 농산물의 선별 및 식품의 제조공정에 온라인 센서(on-line sensor)로서 활용되기 시작하였다(Kim et al., 1999).

Heil(1991)등은 자기공명 영상을 이용하여 맥주 거품의 특성을 연구하였으며, Zion(1994)등은 가공된 버찌 내에 씨앗의 존재 여부를 파악하는데 자기공명영상기술이 유용하게 활용될 수 있음을 보고하였다. Barreiro(1999)등은 MSME(multi-slice multi-echo) 자기공명영상을 이용하여 사과 내부의 조직변화를 검사하여,  $T_2$ 값이 조직변화와 상관관계가 있음을 보고하였다.

자기공명영상으로부터 씨앗의 존재여부를 파악하거나, 조직변화의 감지, 부피의 측정 등을 위해서는 대상체를 구성하고 있는 서로 다른 부분들을 개별적으로 정확하게 분리해낼 수 있는 영역 분할 기법은 필수적이다.

자기공명영상과 같은 3차원 데이터로부터 원하는 개체를 분할해내는 방법에 대한 연구는 여러 영역에서 활발하게 진행되고 있다. Danielsson(1998) 등은 이차도함수를 이용한 영역 분할 기법을 자기공명영상에 적용하여 성공적으로 혈관을 분할할 수 있었다고 보고하였다. Ashton(1997)등은 뇌에 있는 해마유기를 분할하고 정량적인 측정을 위하여 변형체와 영역 확장법을 병행하여 사용하였다. Nott(1999)등은 싱싱한 송어와 해동한 송어를 정량적으로 구분하기 위하여 자기공명 특성들( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $M_0$ ,  $T_1^{sat}$ ,  $M_{sat}/M_0$ )을 활용하여 송어 머리부분의 지질 및 교원질의 분포도를 검사하였다. Wang(1998) 등은 확률적 신경망을 이용하여 자기공명 영상을 분할하고 부피를 측정하는 방법을 제안하였다. Reddick(1997) 등은 인공신경망을 이용하여 뇌 자기공명영상을 자동으로 분할하는 방법을 제안하였다. Ahmed와 Farag(1997)는 2단계의 신경망을 이용하여 자기공명영상을 분할하는 방법을 제안하였다.

본 연구에서는 복숭아의 자기공명 영상을 분할하는데 가장 간단한 영상분할 방법인 문턱값 처리법과 인공신경망에 의한 분할법을 사용하였으며, 두 분할법의 성능을 평가하기 위하여 실제로 측정된 부피와 비교 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 자기공명 영상

본 연구에 사용된 자기공명영상은 Bruker Biospec 7T spectrometer에서 MSME (multi-slice multi-echo) 펄스 시퀀스를 이용하여 동시에 64단면, 해상도 128x128화소인 복숭아 영상을 획득하였다. 단면의 두께는 1.25mm, FOV(field-of-view)는 80mm였기 때문에 각 부피요소의 크기는  $0.625 \times 0.625 \times 1.25 \text{mm}^3$ 이었다. 사용된 하드웨어에 관한 자세한 설명은 Kim(2000)에 수록되어 있다.

### 영상분할 방법

문턱값에 의하여 영상을 분할하는 방법은 프로그래밍이 수월하고, 수행속도가 빠르면서도, 구성이 복잡하지 않은 영상분할에서는 성공도도 높기 때문에 가장 보편적으로 활용되고 있다. 대부분의 경우에 문턱 값은 적용대상 특성을 파악하여 수동적으로 정해주지만, 문턱 값을 자동으로 결정하기 위한 새로운 방법 들이 많이 연구되고 있다(Grennhill and Davies, 1995, Russ, 1995). 본 연구에서는 영상의 배경과 복숭아 씨앗의 화소 값이 비슷하여 하나의 문턱 값을 이용하여 복숭아를 배경으로부터 분할하는 것이 불가능하였다. 따라서 두 개의 문턱 값을 이용하여 분할한 이진 영상을 조작하여 복숭아 부분과 씨앗부분을 분할하는 방법을 택하였다. 이 과정을 간단히 요약하여 그림 1에 나타내었다.

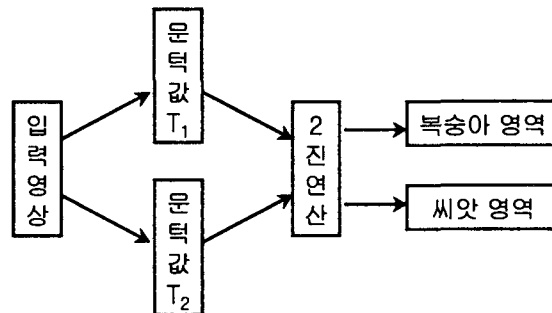


그림 1. 문턱 값 처리의 개요도

위에서 설명한 문턱 값 처리에 의한 영상 분할은 기본적으로 개별적인 2차원 영상을 대상으로하여 영역 분할이 수행되기 때문에 3차원 데이터의 특성을 충분히 활용하지 못하는 점이 있다. 따라서 3차원 데이터의 특성을 활용할 수 있는 신경망에 의한 영상 분할을 적용하였다. 본 연구에서는 각 부피요소에서 지역평균, LOG(Laplacian of Gaussian)값, 중심으로부터의 거리 등과 같은 3차원 특성 값을 계산하고, 이 특성 값들에 의하여 부피요소들을 분류하는 Kohonen(1984)의 SOM(Self Organizing Map)을 사용하였다. SOM에 의한 영상분할 과정을 요약하여 그림 2와 그림 3에 나타내었다.

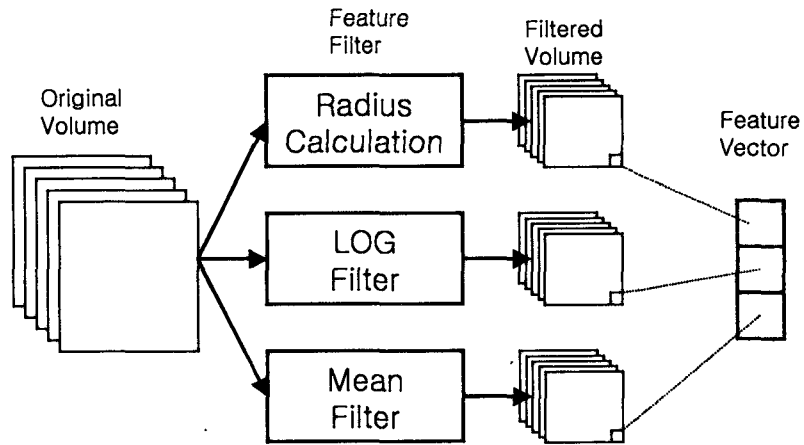


그림 2. 3차원 특징추출 과정

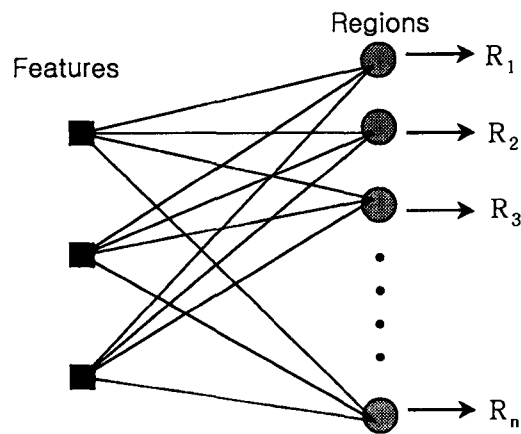


그림 3. Self Organizing Map for Clustering

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에 필요한 모든 영상처리 과정은 MathWorks사의 Matlab 소프트웨어를 이용하여 이루어졌다. Kohonen의 SOM 알고리즘 구현은 핀란드 헬싱키 기술대학의 컴퓨터과학과에서 제공하는 SOM 툴박스를 이용하였다.

MRI 데이터로부터 영상을 추출하여 복숭아와 씨앗 영역을 얻기까지의 중간 단계 영상을 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)는 복숭아 단면의 원래 영상을 나타내는데, 가장자리 부근이 배경과 요철형상을 이루고 있는 것을 알 수 있다. 이는 자기공명 영상을 얻을 때 사용한 RF 코일의 내경에 비하여 복숭아의 크기가 너무 커서 압착이 된 결과를 나타내고 있다.

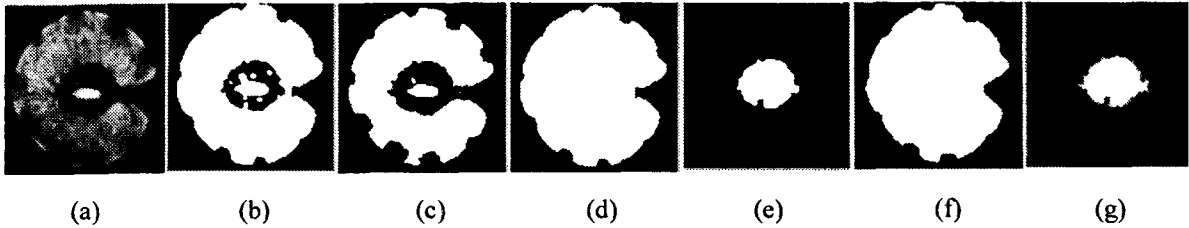


그림 4. 복숭아와 씨앗영역의 추출 과정 영상 (a)원래 영상 (b)문턱 값=30 (c)문턱 값=80  
 (d)복숭아 영역 (e)씨앗 영역 (f)SOM에 의한 복숭아 영역 (g)SOM에 의한 씨앗 영역

이러한 현상은 대상체의정확한 부피 측정에 장애가 되기 때문에 발생되지 않도록 입력영상을 획득하는 과정에서주의를 기울여야 한다.

그림 4(b)와 그림 4(c)는 문턱 값을 30과 80으로 설정하여 분할한 2진 영상이다. 이 두 개의 2진 영상을 적절히 조합하여, 그림 4(d)와 그림 4(e)에 나타난 복숭아 및 씨앗 영역으로 분할하게 된다. 참고로 그림 4(f)와 그림 4(g)는 SOM(self-organizing-map)을 이용하여 분할한 복숭아와 씨앗의 영역을 각각 나타낸다.

이와 같이 각 단면별로 분할한 결과를 총합하면 3차원 복숭아와 씨앗에 속하는 부피화소(voxel)의 수를 얻게 되며, 여기에서 얻어진 결과에 부피환산계수(0.625x0.625x1.25/1000)를 곱해주면 각각의 실제 부피를 계산할 수 있다. 각 분할 방법의 성능을 평가하기 위하여 4개의 복숭아에 적용하여 구한 값들을 실제 측정된 값과 비교한 결과를 표 1에 나타내었다.

		시료 1	시료 2	시료 3	시료 4
복숭아 부피	실측값	200.0	167.5	182.5	174.5
	문턱값	201.2	179.9	192.0	182.5
	SOM	191.3	172.2	182.3	172.9
씨앗 부피	실측값	7.5	6.5	7.0	8.7
	문턱값	7.3	5.4	4.2	4.8
	SOM	9.4	7.0	6.0	5.9

복숭아 부피의 경우에는 문턱값 처리와 SOM을 이용한 경우 모두 실측값과 가까운 값을 얻을 수 있었다. 씨앗의 부피를 측정하는 경우에는 복숭아 부피에 비하여 오차가 큰 것을 알 수 있는데 이는 씨앗과 그 주변의 경계가 불분명하여 분할에 어려움이 크기 때문인 것으로 사료된다. 앞으로 영역 분할 알고리즘을 보다 더 개선하면 자기공명영상으로부터 3차원 정보를 정량적으로 얻어내는 것이 가능해질 것이다.

#### 4. 참고 문헌

Ashton, E. A., K. J. Parker, M. J. Berg, and C. W. Chen, A novel volumetric feature extraction technique with applications to MR images, *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 16(4), 1997.

Barreiro, P, J. Ruiz-Cabello, M. E. Fernandez-Valle, C. Ortiz, and M. Ruiz-Altisent, Mealiness assement in apples using MRI techniques. *Magnetic Resonance Imaging*, vol. 17(2):275-281, 1999.

Bomans, M., K. H. Hohne, U. Tiede, and M. Riemer, 3D segmentation of MR images of the head for 3D display. *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol 9, June 1990.

Chen, P. and Z. Sun, A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products. *J. Agric. Engineering Res.* 49:85-98, 1991.

Danielsson, P.E., Q. Lin, and Q. Ye, Segmentation of 3D-volumes using second Derivatives, EE Dept. Linkoping University, Sweden. 1998.

Grennhill, D. and E. R. Davies. A new approach to the determination of unbiased thresholds for image segmentation, *Image Processing and Its Application*, IEEE Conference Publication, 1995.

Heil, J. R., K. L. McCarthy, J. B. German, and M. J. McCarthy, Use of magnetic resonance imaging for evaluation of beer foam characteristics. *The American Society of Brewing Chemistry*, vol 48(4):119-122. 1991.

Kim, S. M., P. Chen, M. McCarthy, and B. Zion, Fruit internal quality evaluation using nuclear magnetic resonance sensors. *J. agric. Engineering. Res.* vol 74:293-301, 1999.

Kohonen, T. *Self organization and Associative Memory*, Springer-Verlag, 1984.

Nott, K. P., S. D. Evans, and L. D. Hall, Quantitative magnetic resonance imaging of fresh and frozen-thawed trout. *Magnetic Resonance Imaging*, vol. 17(3):445-455, 1999.

Reddick, W. E., J. O. Glass, and E. N. Cook, Automated segmentation and classification

of multispectral magnetic resonance images of brain using artificial neural networks. *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 16(6), 1997.

Russ, J. C. *The Image Processing Handbook*, 2nd ed., CRC Press. 1995.

Wang, Y., T. Adah, and S. Y. Kung, Quantification and segmentation of brain tissues from MR images: A probabilistic neural network approach, *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7(8), 1998.