نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

مروری بر تشخیص کیفیت گوشت با استفاده از ماشین بینایی و پردازش تصویر

الهام شیبانی تذرجی*[۱] مجید دولتی[۲]
۱و۲-به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیارگروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه جیرفت
ایمیل مکاتبه کننده:Elham.sheybani@yahoo.com

چکیده

ماشین بینایی یک روشی سریع, کم هزینه و غیرمخرب است که با استفاده از این فناوری می‌توان به ارزیابی کیفیت مواد غذایی مانند میوه، گوشت قرمز، ماهی، آبمیوه، سیزیجات و گوشت مرغ پرداخت. به کمک ماشین بینایی و پردازش تصویر می‌توان ویژگی‌های ظاهری گوشت مانند رنگ و چربی بین عضلانی (ماربلینگ) و همچنین رنگ چربی در گوشت را تشخیص داد که این ویژگی‌ها برای تعیین کیفیت گوشت لازم می‌باشند. در این مقاله به بررسی فناوری ماشین بینایی و پردازش تصویر و تحقیقات انجام گرفته در این راستا برای اندازه‌گیری ویژگی‌های گوشت مانند رنگ گوشت و تخمین میزان چربی و ماربلینگ پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت، گوشت، ماشین بینایی، پردازش تصویر

مقدمه

گوشت و محصولات مرتبط با آن با توجه به ویژگی هایی که مصرف کنندگان انتظار دارند ارزش تجاری متفاوتی دارد. گوشت نقش مهمی در رژیم غذایی انسان ایفا می‌کند. ترکیبات اصلی گوشت، آب، چربی، پروتئین وعناصر ریز مغذی می‌باشد (Williamson, 2005). مهمترین ویژگی‌ها در گوشت سلامتی، آبدار بودن و عطر و طعم است. معمولا رنگ و بافت شاخص‌های اصلی کیفیت در گوشت می‌باشد در حالی که ماربلینگ[۱] و ویژگی‌های مورفولوژیکی نیز اهمیت بسزایی دارند. (Warriss) ماشین بینایی روشی سریع، کم هزینه و غیرمخرب می‌باشد. ماشین بینایی دارای پتانسیل بالایی برای ارزیابی کیفیت گوشت می‌باشد و در این راستا استفاده از فناوری پردازش و تجزیه و تحلیل تصویر می‌تواند مشخصات پیچیده هندسی، رنگ و خواص بافتی نمونه گوشت را به خوبی نشان دهد. در دو دهه اخیر، در برخی از کشورهای توسعه یافته از فناوری تجزیه و تحلیل تصویر برای ارزیابی کیفیت گوشت خوک، گاو و بره استفاده شده است که این موارد شامل تخمین مقدار چربی عضلانی در قسمت دنده گاو، ارزیابی درصد

[۱] -Marbling

ماربلینگ و درجه رنگ در گوشت گاو و همچنین کنترل میزان چربی گوشت قرمز جهت جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی و عروقی می‌باشد. همچنین فناوری آنالیز بافت تصویر نیز در پیش بینی مقدار چربی استفاده می‌شود (Chandraratne, 2003). در این روش معمولا از یک دوربین برای گرفتن تصویرکه در فاصله عمودی ۳۵-۳۰ سانتی‌متر از نمونه قرار می‌گیرد، و یک منبع نور که اغلب از نور تک رنگ فلورسنت می‌باشد، استفاده می‌شود (Girolami, 2013). تهیه تصویر اولین گام در ماشین بینایی است که توسط دوربین صورت می‌گیرد (Valous, 2009) و پردازش تصویر دومین مرحله است و برای استخراج ویژگی و تجزیه و تحلیل استفاده می‌شود. اصولا پردازش تصویر از سه سطح تشکیل شده که عبارتند از: پیش پردازش که با حذف اعوجاج و نویز باعث افزایش کیفیت تصویر می‌شود، پردازش سطح متوسط که عمدتا شامل بخش بندی منطقه مورد نظر از تصویر است و پردازش سطح بالا شامل توصیف منطقه مورد نظر و ایجاد یک مدل پیش بینی از ویژگی‌های آن است (Brosnan, 2004;Du, 2004).بخش‌بندی شامل حذف پس زمینه از تصویر اصلی است و عموما مراحل آخر شامل استخراج ویژگی و طبقه بندی است که توسط شبکه عصبی[۲]، ماشین بردار پشتیبان[۳]، منطق فازی[٤] و یا روش‌های آماری این کار صورت می‌گیرد (Du, 2006). برخی از ویژگی‌های مهم گوشت را که می‌توان با ماشین بینایی و پردازش تصویر بدست آورد در زیر توضیح داده شده‌اند.

رنگ

در مورد گوشت، رنگ یکی از مهم ترین ویژگی‌های حسی است که در قابل قبول بودن محصول از سوی مصرف کننده تاثیر می‌گذارد و نقش مهمی در تصمیم گیری خرید بازی می‌کند (Mancini, 2005;Mitsumoto, 2005;Mancini, 2005). مصرف کننده اغلب به ارتباط رنگ با عطر، طعم، ایمنی، زمان ذخیره سازی یا تازگی، ارزش غذایی و سطح رضایتمندی معتقد است. رنگ اجازه می دهد تا ناهنجاری های خاص و یا هرگونه نقص در مواد غذایی تشخیص داده شود و در نهایت مصرف کننده از تنوع رنگ به عنوان شاخص طراوت، سلامت و بی خطر بودن مواد غذایی از جمله گوشت استفاده کند (Abdullah, 2004;Hatcher, 2004;Du, 2004). در حال حاضر رنگ مواد غذایی با استفاده از فضای رنگی CIElab اندازه‌گیری می‌شود که یک استاندارد بین المللی برای رنگ است که توسط کمیسیون بین المللی (CIE) در سال ۱۹۷٦ به تصویب رسید. در این فضای رنگی L * نشان دهنده میزان روشنایی، که دامنه آن از ۰ تا ۱۰۰(از سیاه به سفید) و a* نشان دهنده میزان قرمزی و b * نیز نشان دهنده میزان زردی می‌باشد که دامنه آن‌ها از ۱۲۰- تا ۱۲۰ می‌باشد در فضای رنگی RGB هر رنگ به صورت مولفه‌های طیفی اولیه قرمز، سبز و آبی ظاهر می‌شود. این مدل مبتنی بر سیستم مختصات دکارتی است. زیر فضای رنگی مکعبی است که در آن مقادیر اولیه RGB در سه گوشه قرار دارند و رنگ‌های ثانویه فیروزه‌ای، بنفش و زرد در سه گوشه دیگر واقع شده‌اند (Gonzalez,

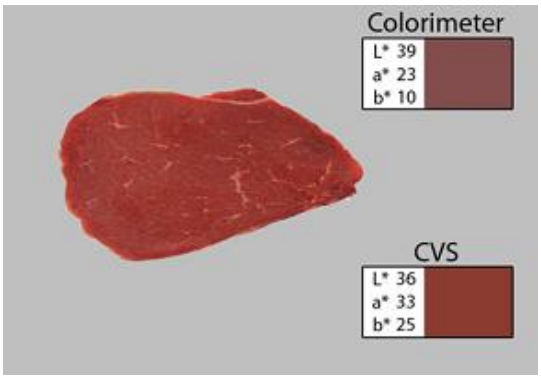
---

۲- Nural network

۳- Support vector machine

٤- Fazzy logic

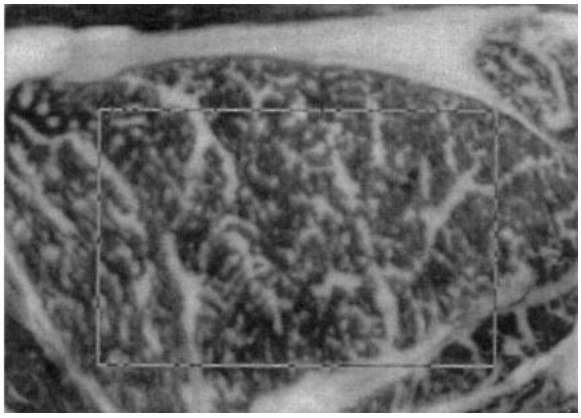
(Papadakis, 2000;Yam, 2004;Girolami, 2009). تصاویر که توسط دوربین گرفته می‌شوند در فضای RGB می‌باشند (O'sullivan, 2003) . در شکل ۱ نمایی از یک نمونه گوشت که ویژگی‌های رنگی آن پردازش شده استخراج می‌شوند l*a*b* و RGB مقدار و استخوان پردازش می‌شوند و سپس برای حذف پس زمینه، چربی (2013). تصاویر



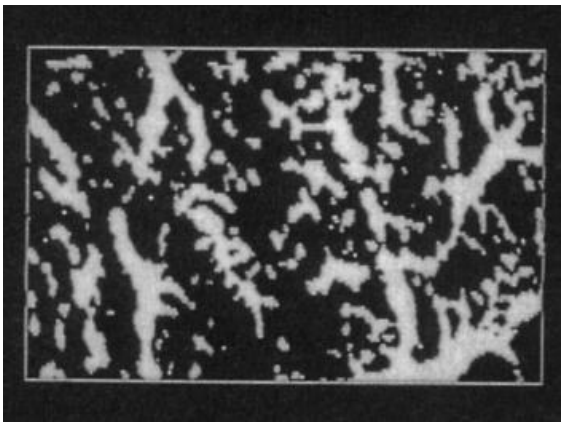
شکل ۱– ویژگی‌های رنگی بدست آمده از نمونه گوشت

ماربلینگ

ماربلینگ، بلورهای سفید یا رگه های از بافت چربی است که بین الیاف عضلانی گوشت وجود دارد و یکی از مهمترین عوامل تعیین کیفیت گوشت است که مصرف کنندگان از آن به عنوان پایه ای برای تخمین کیفیت و ارزش غذایی گوشت استفاده می‌کنند (Albrecht, 2006). دیگر ویژگی ماربلینگ، مانند تعداد، اندازه و توزیع رسوبات چربی، می‌تواند ادراک مصرف کننده را تحت تاثیر قراردهد. ماربلینگ را می توان با ارزیابی چشمی و یا با استفاده از تجزیه و تحلیل تصویر اندازه‌گیری کرد. تصاویر اجازه می دهند یک ارزیابی چشمی از درجه ماربلینگ، با بدست آوردن مساحت چربی عضلانی قابل مشاهده که در تعیین کیفیت گوشت مهم می‌باشند بدست آید (Albrecht, 2006). تعیین مقدار دقیق چربی داخل عضلانی در گوشت با تجزیه و تحلیل تصویر کامپیوتری که با استفاده از نرم افزار انجام می‌شود صورت می‌گیرد (Du, 2008;Gerrard, 1996;Jackman, 2009;Kuchida, 2000) . برای تخمین میزان چربی تصاویر به مقیاس خاکستری تبدیل و سپس به نقاط بدون چربی و چربی تقسیم‌بندی می‌شوند. حد آستانه از طریق آزمون و خطا با مشاهده و انتخاب بهترین مقدار انجام می‌شود. مقادیر اولیه برای آستانه از نمودار شدت پیکسل انتخاب می‌شوند. حد آستانه در تمام تصویر دارای مقادیری از ۰–۲۵٦ است که به منظور تعیین مساحت ماهیچه و ماربلینگ انتخاب می‌شود. همچنین ویژگی‌های ماربلینگ مانند مساحت, طول, عرض, تعداد, اندازه و تراکم را نیز می‌توان محاسبه نمود. در شکل ۲ نمونه گوشت که دارای ماربلینگ بوده و در شکل ۳ تصویری از ماربلینگ جدا شده از گوشت نشان داده شده است.



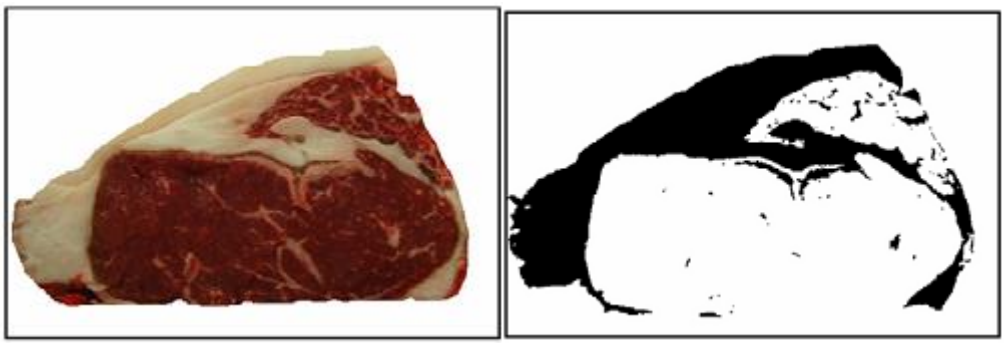
شکل۲- تصویری از نمونه گوشت همراه با ماربلینگ



شکل۳- تصویری از نمونه ماربلینگ جدا شده از گوشت

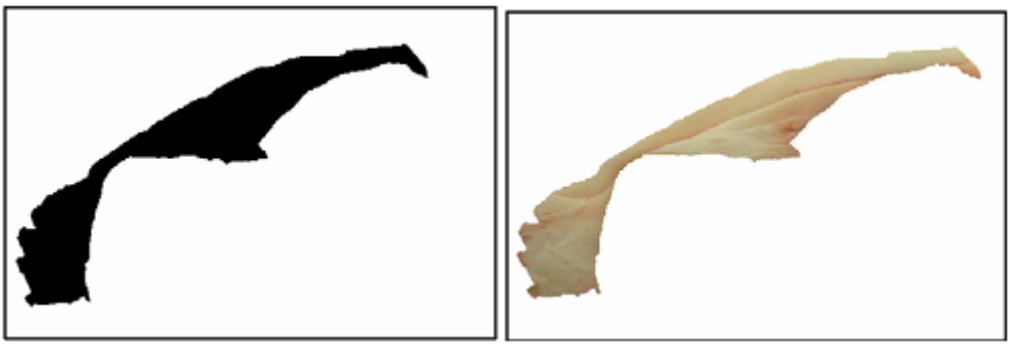
رنگ چربی

برای تعیین رنگ چربی ویژگی رنگی R، G و B چربی در فضای رنگی RGB تعیین و سپس به فضای رنگی HSI[۵] تبدیل می‌شود (Chen, 2010). فضای رنگی HSI پرده رنگ، اشباع و شدت را در یک تصویر رنگی نشان می‌دهد. پرده رنگ، صفت رنگ است که رنگ خالص را توصیف می‌کند در حالی که اشباع، معیاری از درجه رقیق شدن رنگ خالص توسط نور سفید است. شدت (سطح خاکستری) مفیدترین توصیف گر تصاویر تک رنگ است مدل رنگی HSI، مولفه‌های شدت را از اطلاعات حامل رنگ (پرده رنگ و اشباع) در تصویر رنگی، تفکیک می‌نماید. مدل HSI ابزار ایده‌الی برای تولید الگوریتم‌های پردازش تصویر براساس توصیف‌های رنگی است که برای انسان طبیعی و شهودی است (Gonzalez 2009). در شکل٤ مراحل جدا کردن چربی از نمونه گوشت برای تعیین رنگ نشان داده شده است.



(ب) (الف)

[۵] -Hue-Saturation-Intensity



(پ) (ت)

شکل٤- مراحل جدا سازی چربی از نمونه گوشت

جدول ۱ برخی از ویژگی‌های گوشت را که با روش ماشین بینایی اندازه‌گیری شده است آورده شده است.

جدول۱- ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گوشت با ماشین بینایی

نتیجه‌گیری

براساس آنچه که در این مقاله بحث شد می‌توان از ماشین بینایی و پردازش تصویر که یک روش سریع, کم هزینه و غیرمخرب است برای تعیین کیفیت (رنگ گوشت، رنگ چربی و تعیین درصد ماربلینگ) گوشت ماکیان، گوشت گاو، گوسفند و ماهی استفاده نمود. برای تعیین کیفیت گوشت، می‌توان به طور مستقیم از نظر مردم و یا از تجهیزاتی که برای تعیین کیفیت گوشت وجود دارند استفاده کرد اما این روش‌ها وقت گیر، پرهزینه و خسته کننده می‌باشند که ماشین بینایی بسیاری از مشکلات حاصل از تعیین کیفیت گوشت را برطرف و تشخیص کیفیت گوشت را با دقت قابل قبولی انجام می‌دهد. به نظر می‌رسد که با پژوهش بیشتر بتوان سیستم تشخیص رنگ گوشت و رنگ چربی و ماربلینگ را به صورت برخط در کارخانجات و مراکز بسته بندی گوشت استفاده کرد.

مراجع

1. Abdullah, M. Guan, L. Lim, K. and Karim, A. 2004. The applications of computer vision

نوع گوشت	نوع ویژگی	طبقه بندی	دقت	فضای رنگی	منبع
جوجه، خوک و گاو	رنگ	روش آماری	۹۵	LAB	(Girolami, Napolitano et al. 2013)
خوک	رنگ	روش آماری	۹۵	RGB HSV	(Chmiel, Słowiński et al. 2011)
ماهی	رنگ چشم و رنگ آبشش	شبکه عصبی	۹۵ ۹۹	LAB	(Dowlati, de la Guardia et al. 2012)
	ماربلینگ	شبکه عصبی و روش آماری	۸۰	-	(Shiranita, Hayashi et al. 2000)
گاو	رنگ و ماربلینگ و بافت	روش آماری	۷٦	-	(Tan 2004)
بره	بافت	شبکه عصبی و روش آماری	۹٦/۹	-	(Chandraratne, Kulasiri et al. 2007)
گاو	رنگ چربی	ماشین بردار پشتیبان	۹۷/٤	RGB وHSI	(Chen, Sun et al. 2010)
مرغ و بوقلمون	تخمین مقدار چربی	روش آماری	۹۵	-	(Chmiel, Słowiński et al. 2011)
خوک	رنگ	شبکه عصبی و روش آماری	۹۳ /۲	RGB	(Lu, Tan et al. 2000)
گاو	ماربلینگ	روش آماری	۹۵	-	(Peña, Molina et al. 2013)
گاو و بره	مقدار چربی	روش آماری	۸۱	-	(Chandraratne, Samarasinghe et al. 2003)
گاو	ماربلینگ و رنگ	روش آماری	۹۵/۹	RGB	(Jeyamkondan, Ray et al. 2000)

system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 125-135.

2. Albrecht, E. Teuscher, F. Ender, K. and Wegner, J. 2006. Growth-and breed-related changes of marbling characteristics in cattle,2008. Journal of animal science, vol. 84, no .5 ,pp. 1067-1075.
3. Brosnan, T. and Sun, D.-W. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 3-16.
4. Chandraratne, M. Kulasiri, D. and Samarasinghe, S. 2007. Classification of lamb carcass using machine vision: Comparison of statistical and neural network analyses. Journal of Food Engineering, vol. 82, no. 1, pp. 26-34.
5. Chandraratne, M. Samarasinghe, S. Kulasiri, D. Isherwood, P. Bekhit, A. and Bickerstaffe, R. 2003 .Determination of fat content in retail ready meat samples using image analysis.
6. Chen, K. Sun, X. Qin, C. and Tang, X. 2010. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine. Computers and Electronics in Agriculture, vol. 70, no. 1, pp. 27-32.
7. Chmiel, M. Słowiński, M. and Dasiewicz, K. 2011. Application of computer vision systems for estimation of fat content in poultry meat," Food Control, vol. 22, no. 8, pp. 1424-1427.
8. Chmiel, M. Słowiński, M .and Dasiewicz, K. 2011. Lightness of the color measured by computer image analysis as a factor for assessing the quality of pork meat," Meat science, vol. 88, no. 3, pp. 566-570.
9. Dowlati, M. de la Guardia, M. and Mohtasebi, S. S. 2012. Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment. TrAC Trends in Analytical Chemistry, vol. 40, pp. 168-179.
10. Du, C.-J. and Sun, D.-W. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Trends in Food Science & Technology, vol. 15, no. 5, pp. 230-249.
11. Du, C.-J. and Sun, D.-W. 2005. Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review. Journal of Food Engineering, vol. 72, no. 1, pp. 39-55, 2006.
12. Du, C.-J. Sun, D.-W. Jackman, P. and Allen, P. Development of a hybrid image processing algorithm for automatic evaluation of intramuscular fat content in beef< i> M. longissimus dorsi</i>. Meat science, vol. 80, no. 4, pp- .1237-1231,.
13. Gerrard, D. Gao, X. and Tan, J. 1996. Beef marbling and color score determination by image processing. Journal of Food Science, vol. 61, no. 1, pp. 145-148.
14. Girolami, A. Napolitano, F. Faraone, D. and Braghieri, A. 2013 .Measurement of meat color using a computer vision system. Meat science, vol. 93, no. 1, pp. 111-118.
15. Gonzalez, R. C. 2009. Digital image processing: Pearson Education India.
16. Hatcher, D. Symons, S. and Manivannan, U. 2004. Developments in the use of image analysis for the assessment of oriental noodle appearance and colour. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 109-117.
17. Jackman, P. Sun, D.-W. Du, C.-J. and Allen, P. 2009. Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment. Pattern Recognition, vol. 42, no. 5, pp. 751-763.
18. Jeyamkondan, N. Ray, G. Kranzler, A. and Biju, N. 2000. Beef quality grading using machine vision. International Society for Optics and Photonics.pp. 91-101.
19. Kuchida, K. Kono, S. Konishi, K. Van Vleck, L. D. Suzuki, M. and Miyoshi, S. 2000. Prediction of crude fat content of longissimus muscle of beef using the ratio of fat area calculated from computer image analysis: comparison of regression equations for prediction

using different input devices at different stations," Journal of animal science ,vol. 78, no. 4, pp. 799-803.
20. Lu, J. Tan, J. Shatadal, P. and Gerrard, D. 2000. Evaluation of pork color by using computer vision. Meat Science, vol. 56, no. 1, pp. 57-60.
21. Mitsumoto, M. O'Grady, M. N. Kerry, J. P. and Joe Buckley, D. 2005. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. Meat Science, vol. 69, no. 4, pp. 773-779.
22. O'sullivan, M. Byrne, D. Martens, H. Gidskehaug, L. Andersen, H. and Martens, M. 2003. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. Meat Science, vol. 65, no. 2, pp. 909-918.
23. Papadakis, S. E. Abdul-Malek, S. Kamdem, R. E. and Yam, K. L. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. Food Technology, vol. 54, no. 12, pp. 48-51.
24. Peña, F. Molina, A. Avilés, C.M. Juárez, and Horcada, A. 2013. Marbling in the longissimus thoracis muscle from lean cattle breeds. Computer image analysis of fresh versus stained meat samples. Meat science, vol. 95, no. 3, pp. 512-519.
25. R. Mancini, and M. Hunt. Current research in meat color. Meat science, vol. 71, no. 1, pp. 100-121.
26. Shiranita, K. Hayashi, K. Otsubo, A. Miyajima, T. and Takiyama, R. 2000. Grading meat quality by image processing. Pattern Recognition, vol. 33, no. 1, pp. 97-104,.
27. Tan, J. 2004. Meat quality evaluation by computer vision. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 27-35.
28. Valous, N. A. Mendoza, F. Sun, D.-W. and Allen, P. 2009. Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. Meat science, vol. 81, no. 1, pp- .141-132.
29. Warriss, P. 2000. Meat Science: An Introductory Text. Wallingford, *CABI* .
30. Williamson, C. Foster, R. Stanner, S. and Buttriss, J. 2005. Red meat in the diet. Nutrition Bulletin, vol. 30, no. 4, pp. 323-355.
31. Yam, K. L. and Papadakis, S. E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, vol. 61, no. 1, pp. 137-142.

A review Quality assessment of meat using machine vision and image processing

Abstract

Machine vision is a rapid, inexpensive and nondestructive method that can be used to evaluation of the food quality such as fruit, red meat, fish, juice, vegetable and chicken meat. Some visual features of meat such as meat color, fat color and marbling can be assessed using machine vision and image processing. Generally these features are necessary to determine of meat quality. In this paper, recent researches in the field of using of machine vision and image processing in meat quality assessment has been studied.

Keywords: Quality, Meat, Machine vision, Image processing