



TECNOLOGÍA DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

ARTÍCULO ORIGINAL

Determinación de la firmeza de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración

*Determination of the stability of the guava (*Psidium guajava* L.) in different maturation states*

Amaury Rodríguez González¹, Leidy Laura Mounson², Antihus Hernández Gómez³

RESUMEN. El trabajo se realiza en el laboratorio de calidad de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Agraria de La Habana con el objetivo de determinar la firmeza de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración; empleando para ello la técnica destructiva mediante la prueba del pinchazo y compresión tradicional. En el mismo se muestra el sistema de medición para determinar la firmeza de forma destructiva utilizando el durómetro digital modelo CEMA-C08. Para alcanzar el objetivo se realiza la revisión bibliográfica de los aspectos teóricos relacionados con los conceptos más importantes de calidad y el método tradicional. Para la realización de la investigación fueron aplicados métodos empíricos, lógicos y estadístico matemáticos, mostrándose el estudio de cien frutas para este método, a los que se le determinan la firmeza y diferentes índices o parámetros que permiten tener criterios de la calidad de la fruta. Se realiza una caracterización estadística de los resultados obtenidos y correlaciones entre los diferentes factores, siendo posible definir que el método tradicional garantiza la predicción de la firmeza de los frutos con exactitud.

Palabras clave: método, destructivo, tradicional, correlación.

ABSTRACT. The work is carried out in the laboratory of quality of the Ability of Agricultural Engineering of the Agrarian University of Havana with the objective of determining the stability of the guava (*Psidium guajava* L.) in different maturation states; using for it the destructive technique by means of the test of the jab and traditional compression. In the same one the mensuration system is shown to determine the stability in a destructive way using the digital model durómetro CEMA-C08. To achieve the objective he is carried out the bibliographical revision of the theoretical aspects related with the most important concepts in quality and the traditional method. For the realization of the investigation empiric, logical and statistical mathematical methods were applied, being shown the study of a hundred fruits for this method, to those that are determined the stability and different indexes or parameters that allow to have approaches of the quality of the fruit. He is carried out a statistical characterization of the obtained results and correlate among the different factors, being possible to define that the traditional method guarantees the prediction of the stability of the fruits with accuracy.

Keywords: method, destructive, traditional, correlation.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias de calidad en frutas para consumo fresco, es una demanda cada vez más generalizada en los mercados agropecuarios de los países desarrollados, originada fundamentalmente por el proceso de globalización de los mismos. Los productores y distribuidores de frutas están conscientes de estos cambios y de la necesidad de ofrecer los niveles de calidad exigidos por los consumidores según (Harrington y Juran, 1990).

Según Alcántara (2009), la textura (firmeza) es un atributo de calidad muy importante para cualquier producto agrícola y tiene el mismo peso que la apariencia y el sabor. La textura es la percepción humana de las propiedades mecánicas de un alimento y corresponde a un grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto.

Otros investigadores Barbosa *et al.* (2003) y Gutierrez *et al.* (2007), definen la fuerza de firmeza como el mejor indi-

Recibido 13/11/10, aprobado 30/01/12, trabajo 08/12, artículo original.

¹ Ing., Adiestrado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGRIC), Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba ☎ (53-7) 645-1731, 645-1353; E-mail: amaury@iagric.cu

² Ing., Adiestrada, Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad Agraria de La Habana.

³ Dr.C., Inv. Titular, Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad Agraria de La Habana.

cadador a nivel práctico para determinar la maduración de una fruta en sus diferentes etapas, niveles óptimos de consumo y transporte, sistemas de procesamientos, manejo del producto, grado de ablandamiento y consistencia.

Por otra parte Buitrago *et al.* (2004), plantean que la firmeza es la resistencia a la penetración que es la propiedad física que mejor ilustra la calidad en frutas y vegetales, mide la resistencia a daños físicos ocasionados durante la recolección, manipulación y transporte; los cuales dependen del momento, método de recolección y de la temperatura de almacenamiento.

Existen métodos para medir la firmeza en frutas como son el tradicional (destrutivo) y el no destructivo. Dentro del tradicional se encuentra la resistencia a la compresión y resistencia a la penetración que son los métodos más simples y más usados para medir la firmeza de alimentos sólidos (Bourne, 1966; Costell *et al.*, 1997). Se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada (generalmente de metal) penetre, es decir mide la fuerza máxima requerida para empujar un vástago cilíndrico, una probeta, una aguja o punzón dentro del alimento en un intervalo de tiempo y a una profundidad dada. La determinación de la fuerza máxima se toma como una medida de firmeza.

La guayaba (*Psidium guajava L.*) está clasificada como uno de los frutos más conocidos y estimados en la mayor parte del mundo. Por otro lado, el cultivo de la Guayaba, se cosecha con madurez fisiológica, en el estado verde-maduro (cambio de color del verde oscuro al claro) en países donde los consumidores las prefieren en este estado. En naciones donde los consumidores prefieren las guayabas maduras, las frutas se cosechan en estados firme-maduros a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarilla y blanda) para mercados locales.

La realización de este trabajo está dada por la problemática de que en Cuba se cosecha de forma manual y el manejo poscosecha se hace sin ninguna protección al fruto; para el caso de transporte se hace a granel, en cajas, hasta llenar los camiones, por lo que constituye un gran reto para nuestro país poder garantizarle a la población los frutos de guayaba de la variedad "Enana Roja" con un grado óptimo de calidad, lo que por lo general se logra con una fruta firme al momento de la cosecha.

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar la firmeza de la guayaba "*Psidium guajava L.*" (Enana roja EEA 1-23) con diferentes estados de maduración; empleando la técnica destructiva mediante la prueba del pinchazo y compresión tradicional.

MÉTODOS

Selección y caracterización del producto agrícola

Los frutos fueron seleccionados en el mes de mayo en la Granja Agropecuaria Militar de Cultivos Varios "Ho Chi Minh", ubicada en el municipio de Jaruco, provincia Mayabeque. La variedad de guayaba utilizada en el ensayo, fue el híbrido enana roja EEA-1-23. Se cosecharon 100 frutas de

forma manual aleatoriamente y fisiológicamente maduros, las mismas se dividieron en grupos de 25 correspondiendo a cuatro estados de maduración diferentes por un panel de expertos integrado por seis personas. Se utilizaron embases de cartón para la recolección y almacenamiento, empleando como criterio común la talla del fruto, la ausencia de daños, enfermedades y plagas considerando una uniformidad según su diámetro ecuatorial de 65 ± 5 mm medido con un pie de rey universal para exteriores de 0-150 mm y apreciación de 0,05 mm, se transportaron a una temperatura ambiente de 26 °C, a un 70 % de humedad relativa durante 1:30 h hasta el laboratorio de calidad de la Universidad Agraria de La Habana. Al momento de la llegada todas las frutas fueron enumeradas y pesadas en una balanza electrónica modelo LG-1001^a de 0 a 1000 g con una apreciación 0.1 g. Se determinó el volumen de la fruta m³ y la densidad por el principio de Arquímedes kg/m³.

La información primaria fue procesada estadísticamente mediante el paquete estadístico Statgraphics Plus versión 5.0, determinándose los principales estadígrafos. También se realizó un análisis de correlación entre los factores resistencia a la penetración y resistencia a la compresión al 3 y 5% versus estado de maduración.

Metodología para la determinación de firmeza empleando el método tradicional

La firmeza fue determinada a través de la resistencia a la penetración y compresión del 3 y 5% del diámetro ecuatorial de la fruta empleando el principio de Magness-Taylor, la cual se determinó con el durómetro digital Modelo CEMA-C08, que ejerce una fuerza sobre el fruto de 0 hasta 1000×10^4 Pa y apreciación de 1×10^2 Pa, de fabricación nacional (Figura 1).

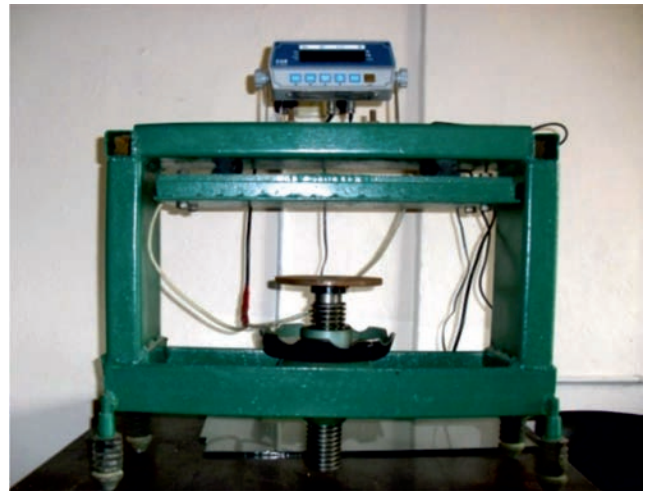


FIGURA 1. Durómetro digital, principio Magness-Taylor, modelo CEMA-C08.

La prueba de penetración y compresión que se realizaron en el fruto fueron perpendicular al eje del pedúnculo, en tres puntos del ecuador y separados a 120° aproximadamente unos de otros, (Figuras 2 y 3).

La Figura 2 muestra la resistencia a la penetración que no es más que la resistencia del fruto al penetrar un vástago

cilíndrico de 6 mm. Esta prueba se le realizó a cinco frutas correspondientes a cada estado de maduración sin quitarle la piel a las frutas.

En la Figura 3 se muestra la resistencia a la compresión no es más que la fuerza requerida al comprimir la fruta a la fracción predeterminada de su diámetro original, usando placas paralelas para evaluar la compresión. La fuerza de compresión máxima recomendada para comprimir una fruta es de un 5 % de su diámetro original según (Abbott, 1999; Hernández et al. 2005).

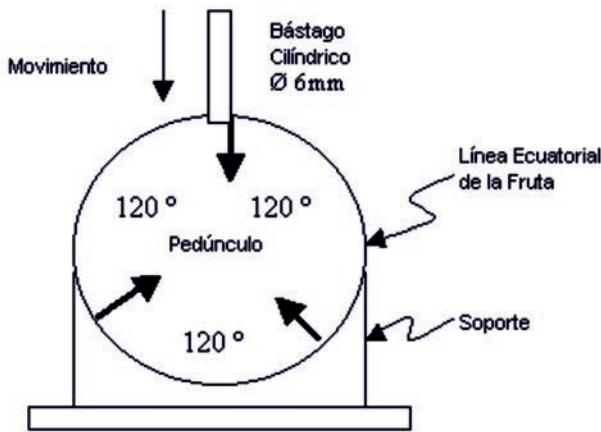


FIGURA 2. Prueba de punzonado.

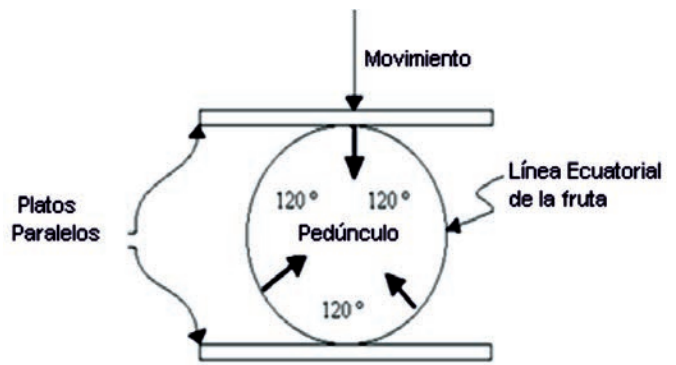


FIGURA 3. Prueba de compresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la masa, densidad, diámetro ecuatorial (DE), resistencia a la penetración (RP) y resistencia a la compresión (RC) al 3% y 5% de la muestra

En las tablas 1 y 2 se muestran los valores promedios obtenidos en cada una de las muestras analizadas con sus valores máximos y mínimos para diferentes estados de maduración.

TABLA 1. Valores promedios de la masa, densidad y diámetro ecuatorial mediante el método tradicional

EM	Masa (kg)			Densidad (kg/m ³)			DE (mm)		
	\bar{X}	Máx	Min	\bar{X}	Máx	Min	\bar{X}	Máx	Min
Verde	0,206	0,261	0,148	0,976	1,061	0,723	70,23	79,50	67,25
Verde pintona	0,227	0,257	0,161	0,924	1,123	0,830	70,13	81,50	64,45
Madura	0,214	0,264	0,161	1,079	1,369	0,644	69,99	75,93	64,45
Sobre maduración	0,181	0,188	0,173	0,996	1,050	0,935	69,66	71,89	68,00
Total	0,207	0,264	0,148	0,994	1,369	0,644	60,00	77,25	63,55

TABLA 2. Valores promedios de la resistencia a la penetración y resistencia a la compresión al 3% y 5% mediante el método tradicional

EM	RP (kgf/cm ²)			RC 3% (kgf/cm ²)			RC 5% (kgf/cm ²)		
	\bar{X}	Máx	Min	\bar{X}	Máx	Min	\bar{X}	Máx	Min
Verde	2,18	2,35	2,03	4,37	4,67	4,05	5,43	5,76	5,06
Verde pintona	1,97	2,10	1,80	3,33	3,55	3,06	4,36	4,64	4,07
Madura	1,85	1,94	1,75	2,26	2,46	2,05	3,30	3,55	3,06
Sobre maduración	1,69	1,80	1,52	1,33	1,73	1,10	2,24	2,40	2,05
Total	1,92	2,35	1,52	2,82	4,67	1,10	3,83	5,76	2,05

Estimación de la resistencia al pinchazo a través del método tradicional. Correlaciones entre diferentes factores

La figura 4 muestra que la resistencia a la penetración (RP) disminuye a medida que la fruta transita por los diferentes estados de maduración (EM). Los valores más bajos se obtienen cuando la fruta está sobre madura, existe muy buena correlación lineal inversa (-0,90) entre ambos factores; lo cual es lógico, pues con el aumento de la maduración la fruta se hace más blanda y con ello ofrece menos resistencia a la penetración.

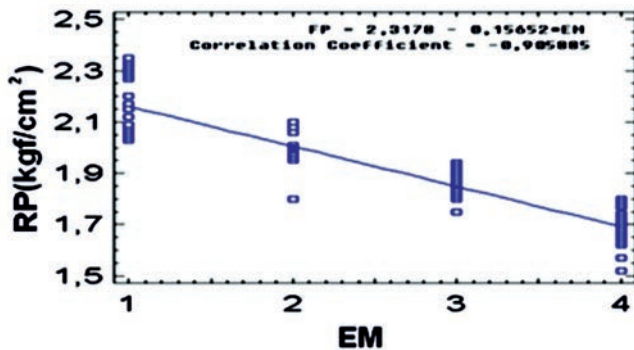


FIGURA 4. Relación entre RP vs EM.

Al correlacionar la resistencia a la compresión (RC) contra los estados de maduración (Figuras 5 y 6) se observa que existe una correlación lineal inversa, tanto al 3 como al 5% del diámetro de la fruta, obteniéndose valores de -0,98 y -0,99 respectivamente. Se observa que existe un mejor coeficiente de correlación para la resistencia a la compresión al 5%.

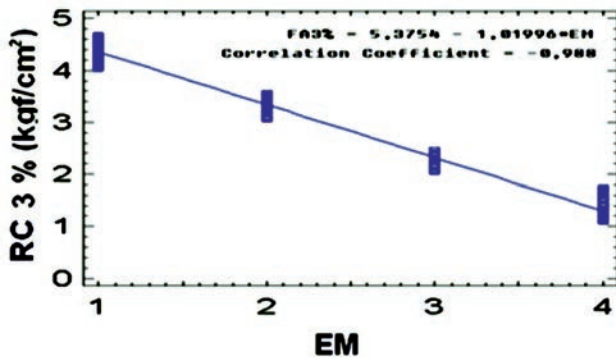


FIGURA 5. Relación entre RC 3% vs EM. FIGURA

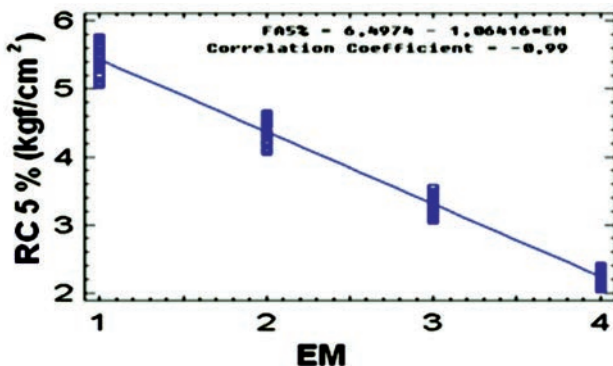


FIGURA 6. Relación entre RC 5% vs EM.

Al apreciar la relación entre la resistencia a la compresión para 3 y 5% del diámetro de la fruta (RC 3% y RC 5%) y la resistencia a la penetración (RP) se observa que para ambas existe una correlación lineal directa con un coeficiente de correlación de 0,90, indicando una tendencia al incremento de RC 3% y RC 5% con el aumento de RP. Al mismo tiempo puede observarse una gran dispersión de dichos valores sobre todo para la RC 5% (Figuras 7 y 8).

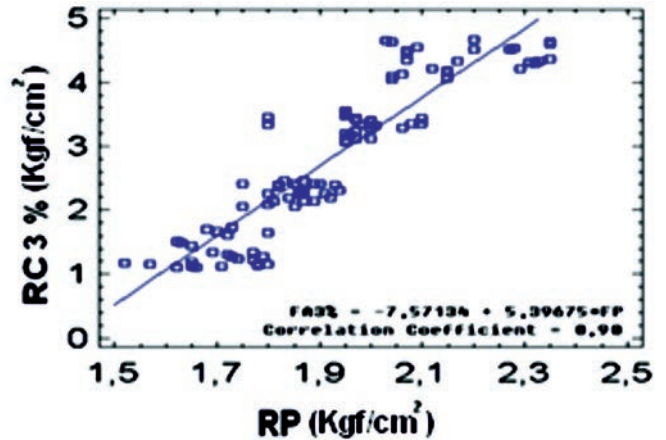


FIGURA 7. Relación entre RC 3% vs RP. FIGURA

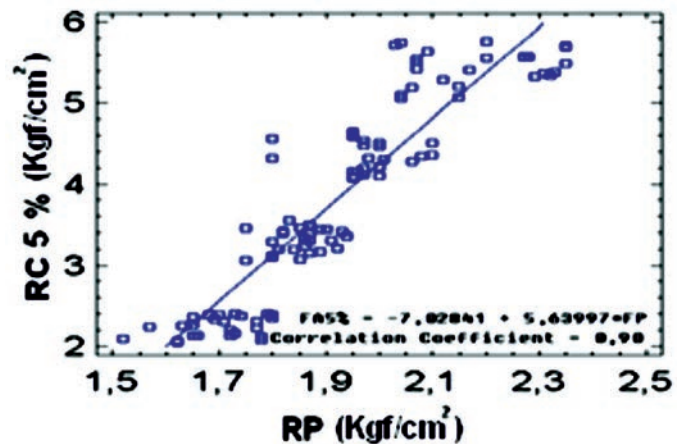


FIGURA 8. Relación entre RC 5% vs RP.

Basado en lo antes expuesto, se puede afirmar que el método tradicional puede ser empleado eficientemente para predecir los valores de la firmeza de la guayaba "Psidium guajava L." (Enana roja EEA 1-23) mediante la prueba del pinchazo y compresión de la fruta al 3 y 5%, con gran confiabilidad y precisión.

A apoyado en el análisis estadístico por estados de maduración y las correlaciones entre los diferentes factores, se puede decir que la resistencia a la compresión para un 5% del diámetro de la fruta es el factor que mejor predice la firmeza de la guayaba en el método tradicional.

CONCLUSIONES

- Para la muestra de cien guayabas se alcanzó un valor promedio de resistencia a la penetración de $1,92 \times 10^4$ Pa y una

- resistencia a la compresión para 3 y 5% del diámetro de la fruta de $2,82$ y $3,83 \times 10^4$ Pa respectivamente.
- Se obtiene una correlación lineal directa entre la resistencia a la compresión para un 5% del diámetro de la fruta y la resistencia a la penetración, con un coeficiente de correlación de 0,90.
- De acuerdo con los resultados del análisis estadístico por estados de maduración y las correlaciones entre los diferentes

- factores, se puede afirmar que la resistencia a la compresión para un 5% del diámetro de la fruta es el factor que mejor predice la firmeza de la guayaba en el método tradicional.
- La prueba de compresión mediante platos paralelos y con una deformación del 5% es la que mejor predice la firmeza de la fruta.
- El método tradicional puede estimar correctamente la firmeza de la guayaba "Psidium guajava L." (Enana roja EEA 1-23).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOOT, J. A.: "Quality measurement of fruits and vegetables", *Post Harvest Biology and Technology*, 15: 1999.
- ALCÁNTARA, M.: *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo pos-cosecha y el transporte simulado*, Tesis (en opción al grado científico de doctor en Ciencias Técnicas). Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2009.
- BOURNE, C.: Measure of shear and compression components of puncture test, *Journal of Food Science*, 31: 1966.
- BUITIRAGO, V., P. LÓPEZ, P. CORONADO & L. OSORNO: "Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Colombia". *Rev. Bras. eng. agric. Ambient*, 8(1): 2004.
- COSTELL, E., M. FISZMAN y L. DURÁN: *Propiedades Físicas. Geología de Sólidos y textura*, pp. 242 – 243, En: *Temas de Tecnología de Alimentos*. Ed. por José Miguel Aguilera, Cyte. IPN, México, 1997.
- HARRINTONG, H. J.: *El proceso de mejoramiento. Cómo las empresas punteras norteamericanas mejoran la calidad*, Quality Press, Wisconsin. USA, 1990.
- HERNÁNDEZ, A., W. JUNG & A. GARCÍA: "Impulse response of pear fruit and its relation to Magness-Taylor firmness during storage", *Postharvest Biology and Technology*, 35: 209-215, 2005.
- BARBOSA, C. G. & J. FERNÁNDEZ: *Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas: Technical manual*, FAO Agricultural Services (Bulletin 149), Roma, 2003.
- GUTIERREZ, A., J.A. BURGOS & E. MOLTO: "Pre-commercial sorting line for peaches firmness assessment", *Journal of Food Engineering*, 81: 721-727, 2007.
- JURAN, M.: *Manual de control de la calidad*, Ed. McGraw-Hill, España, 1990.

CONVENCIÓN INTERNACIONAL INGENIERIA AGRICOLA 2012

CONVOCATORIA

Estimados Colegas:

El Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric), tiene el gusto de invitarles a participar de la **Convención Internacional Ingeniería Agrícola 2012** en el marco de la cuál tendrán lugar el **V CONGRESO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE, CUBA-RIEGO 2012** y el **V CONGRESO INTERNACIONAL DE MECANIZACION AGROPECUARIA**.

El evento se desarrollará del 16 al 19 de octubre en el Hotel Meliá Habana de la ciudad de La Habana, los principales temas a debatir serán:

- Tecnologías de riego y drenaje en los sistemas de producción agrícolas.
- Recursos energéticos convencionales y renovables en la actividad de riego.
- Impacto ambiental del riego y el drenaje.
- Género en la gestión integrada de los recursos hídricos en la agricultura.
- Mecanización agropecuaria.
- Tracción animal.
- Gestión de la explotación de la maquinaria agrícola.
- Impacto de la mecanización y el riego en el medio ambiente.
- Mini-industria.
- Aplicaciones de la percepción remota satelital y el SIG a estudios agrícolas y de manejo de recursos hídricos.
- Agricultura de precisión

Solicite información detallada a: Lic. Oravides Almagro Peñalver
OPC
convencion2012@iaagric.cu