

EXTRACCIÓN DE FIBRAS NO LEÑOSAS: CABUYA (*Furcraea andina* Trel.) Y BANANO (*Musa paradisiaca* L.) PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO TECNOLÓGICO DESTINADO A LA ELABORACIÓN DE PULPA Y PAPEL

Silvio Aguilar, Jorge Ramírez, Omar Malagón

Área de Biopolímeros-Planta de Productos Naturales

Centro de transferencia de tecnología e Investigación Agroindustrial (CETTIA)

Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n. Loja-Ecuador, C.P. 1101608

Correo electrónico: sdaguilar@utpl.edu.ec; jyramirez@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación que se llevó a cabo, cubrió los procesos básicos de la industrialización de las fibras naturales, para la elaboración de pulpa y papel: extracción mecánica de las fibras, cocción de las fibras (pulpeo alcalino), preparación de pulpa, formación y secado del papel. Se optimizó experimentalmente la extracción química de las fibras de cabuya y banano. Se estudió la influencia de la cantidad de NaOH y tiempo de cocción de las fibras en la cantidad de lignina residual y resistencia a la explosión del papel.

La eficiencia de la extracción química de las fibras, mostró un papel hecho a mano con un contenido de 5,61% de lignina residual y 79,20 Kpa. de resistencia a la explosión para el caso de papel de fibra de cabuya y 4,64% de lignina residual y 142,02 Kpa. de resistencia a la explosión para el caso de papel de fibra de banano.

Los mejores resultados en la extracción química de las fibras, se dieron en las condiciones de 10% de NaOH y 100 minutos de cocción, para la fibra de cabuya y 15% de NaOH y 100 minutos de cocción, para la fibra de banano, pues, en esas condiciones se mejora la eficiencia en la eliminación de ligninas, además se obtiene un papel con buena resistencia a la explosión.

También se obtuvieron rendimientos, en cuanto a la preparación de pulpa y formación del papel, del 81,22% para la fibra de cabuya y del 81,4% para la fibra de banano. Adicionalmente se realizaron controles de calidad en el papel elaborado, determinándose el gramaje, pH y humedad del papel.

Palabras claves: pulpeo alcalino, lignina residual, resistencia a la explosión.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el contexto internacional las fibras naturales recuperan espacio en el mercado mundial como insumos ventajosos en sostenibilidad y protección del ambiente, precisamente los intereses o preferencias ambientales de la sociedad están creando un nuevo concepto de mercadeo global, con énfasis en disminuir el deterioro del planeta, e innovar las tecnologías de cultivo, procesamiento y aplicación [1,2].

Son muchas las plantas no leñosas disponibles como productos secundarios en la agricultura, una de ellas es el banano (*Musa paradisiaca* L.), que en el Ecuador, con 180.331 hectáreas de superficie plantada, y una producción de 5.274.232 toneladas/año, genera una cantidad de desperdicios abundante, como lo es también su potencial de reciclaje [3].

Puede aprovecharse toda la planta de banano para la extracción de fibras en la elaboración de papel, especialmente las fibras del pinzote o raquis (parte de la planta que crece desde el centro del seudo tallo y se desarrolla al exterior de la planta, conformando un tallo independiente del que nace la fruta). El color del papel que se obtiene con esta fibra es un café claro o beige con un lustre muy llamativo. Esta especie tiene apariencia de árbol, pero es una planta herbácea gigante y pertenece a la familia de las Musáceas [4].

Otra de las especies promisorias para la elaboración de papel a partir de fibras no leñosas es la cabuya (*Furcraea andina* Trel.). Esta es una planta que crece en forma silvestre o cultivada en los valles y laderas de los Andes, pertenece a la familia de las Agavaceas.

Las fibras de las plantas no leñosas se clasifican para su uso en producción de pulpa en tres categorías principales, su fuente, su disponibilidad y de las características de las fibras [5].

La materia prima fundamental para fabricar papel es la celulosa, constituyente esencial de los tejidos vegetales, cuya función es la de dar resistencia a los mismos. Se la obtiene principalmente de madera (55%), de otras fibras vegetales denominadas no madereras (9%) y de papel recuperado (16%) [6,7].

En el Centro Nacional de Fibras Naturales PUCE-I del Ecuador, se ha implementado algunos proyectos relacionados con la investigación de fibras naturales, entre los cuales se tiene la producción de pulpa y papel artesanal de totora, el proyecto Diversificación de Usos de la Totora y Comercialización de sus

Artesanías, en la Parroquia de *San Rafael de la Laguna*, en la cuenca del *Imbakucha*, cantón Otavalo en la provincia de Imbabura [8].

Además en la EPN, se han realizado ensayos en la elaboración de papel artesanal, a partir de fibras de banano, cabuya, guarumo, totora, abacá y paja de páramo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente se determinaron los sitios de localización de la materia prima para proceder a su recolección y extracción tomando como criterio de selección, las condiciones de la planta (estado biológico y fenológico). Posteriormente se realizó la extracción mecánica de la fibra, tanto, de cabuya como de banano, en un molino de rodillos dejando lista la fibra para su extracción química. Aquí es importante la limpieza de la planta previa la cocción (extracción química), pues, la parte de la planta que se usa para elaborar el papel es la fibra celulosa que se desea separar del resto de los componentes de la planta como la lignina, grasas, gomas, pectinas, almidones, clorofila y demás elementos que repelen el agua y resisten al ligamento de las cadenas celulares debilitando así el producto final [9]. Para ello, se procede a la extracción química de la fibra utilizando una solución álcali. En este proceso llamado cocción las paredes de las fibras se hinchan y se vuelven más absorbentes, la fibra se suaviza y se terminan de eliminar las ligninas, grasas y demás elementos que todavía retenía la fibra [10,11].

Se evaluó el mejor método de extracción química de la fibra, ver tabla 1, para ello realizamos un diseño experimental bifactorial A*B, con las variables: concentración de NaOH y tiempo de cocción, con tres niveles de significación para cada variable, realizando dos repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 1. Variables de estudio y niveles para la extracción química.

VARIABLES	NIVELES	UNIDAD
Factor A:		
Cantidad de NaOH	10,15 y 20	%
Factor B:		
Tiempo de cocción	50, 100 y 150	minutos

Después de la cocción las fibras deben ser enjuagadas completamente para no dejar rastros de álcali y se procede al desfibrado y machacado, con el objeto de ser transformada en pulpa para poder ser convertida en papel [12].

Para la formación de papel se hizo uso de formadores de madera, los que están provistos con una malla de material plástico, que deja escapar el agua de exceso y retiene las fibras [13,14].

Finalmente se procedió a un control de calidad del producto obtenido, con objeto de minimizar la variabilidad en el proceso. Se efectuaron las mediciones de Número de *Kappa* en pulpa, resistencia a la explosión, pH, humedad y gramaje en las hojas de papel obtenidas. [15-18].

La resistencia a la explosión se define como la presión hidrostática en Kpa. necesarios para producir ruptura del material cuando se aplica un incremento de presión controlada sobre un diafragma de área circular de 3,05 cm. de diámetro. El método utilizado para este ensayo es la norma TAPPI T 403 ts-63 que esta estandarizado para productos que no sobrepasen los 1378,6 Kpa, y en la forma de láminas que no excedan el 0,0625cm de espesor. [19].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lignina Residual. Los resultados de lignina residual, que se muestran en las Tablas 2 y 3, fueron sometidos al análisis de varianza con objeto de verificar la hipótesis planteada.

Tabla 2. Lignina residual papel de fibra de cabuya

Tratamientos	Porcentaje de Lignina residual papel de fibra de cabuya		
	Repeticiones		
	R1	R2	MEDIA
a0b0	6,48	6,58	6,53
a0b1	6,32	4,90	5,61
a0b2	6,71	4,29	5,50
a1b0	6,34	6,71	6,53
a1b1	6,31	4,67	5,49
a1b2	6,57	4,89	5,73
a2b0	6,47	5,02	5,74
a2b1	6,50	4,89	5,70
a2b2	6,68	6,38	6,53

Para mayor facilidad de la lectura de los resultados de los tratamientos ensayados en la extracción química, se han representado en función de sus respectivos contenidos de lignina residual. En la Figura 1, se observa el contenido de lignina residual en el papel hecho con fibra de cabuya, en función de los tratamientos. Valores menores de lignina residual se muestran en los tratamientos a0b2 y a1b1, es decir, utilizando 10% de NaOH y 150 minutos para el primer caso y 15% de NaOH y 100 minutos para el caso segundo respectivamente.

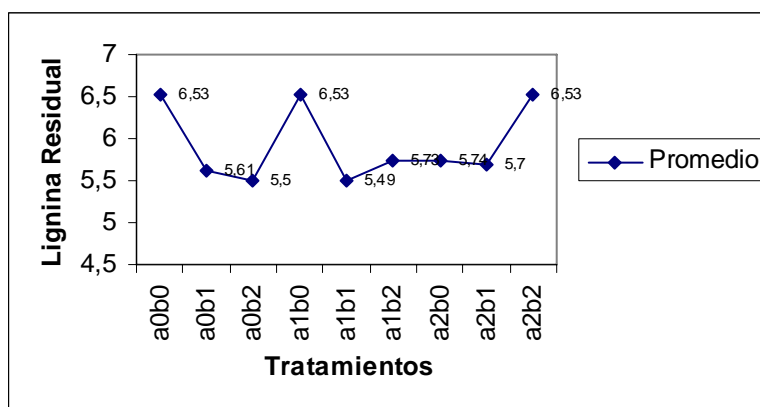


Figura 1. Lignina residual papel de fibra de cabuya

El mejor tratamiento de extracción química de la fibra de cabuya, tanto desde el punto de vista de lignina residual, como de resistencia a la explosión, es el codificado como a0b1, que corresponde a 10% de NaOH y 100 minutos de cocción, pues, con este tratamiento se logra un valor promedio de 5,61% de lignina residual y una resistencia a la explosión de 79,20 Kpa.

Tabla 3. Lignina residual en el papel de fibra de banano.

Tratamientos	Porcentaje de Lignina residual papel de fibra de banano		
	Repeticiones		
	R1	R2	MEDIA
a0b0	5,71	5,22	5,47
a0b1	5,41	5,08	5,25
a0b2	4,63	4,70	4,67
a1b0	5,44	5,43	5,44
a1b1	4,81	4,46	4,64
a1b2	4,57	4,98	4,78
a2b0	5,18	5,20	5,19
a2b1	4,51	4,29	4,40
a2b2	4,12	4,25	4,19

Para mayor facilidad de la lectura de los resultados de los tratamientos ensayados en la extracción química, se han representado los tratamientos contra sus respectivos contenidos de lignina residual. En la Figura 2, observamos el contenido de lignina residual en el papel hecho con fibra de banano, en función de los tratamientos. Valores menores de lignina residual se muestran en los tratamientos a2b1 y a2b2, es decir, utilizando 20% de NaOH y 100 minutos para el primer caso y 20% de NaOH y 150 minutos para el caso segundo respectivamente. Se observa además que el contenido de lignina residual tiende a disminuir conforme se incrementa los niveles de los tratamientos testados.

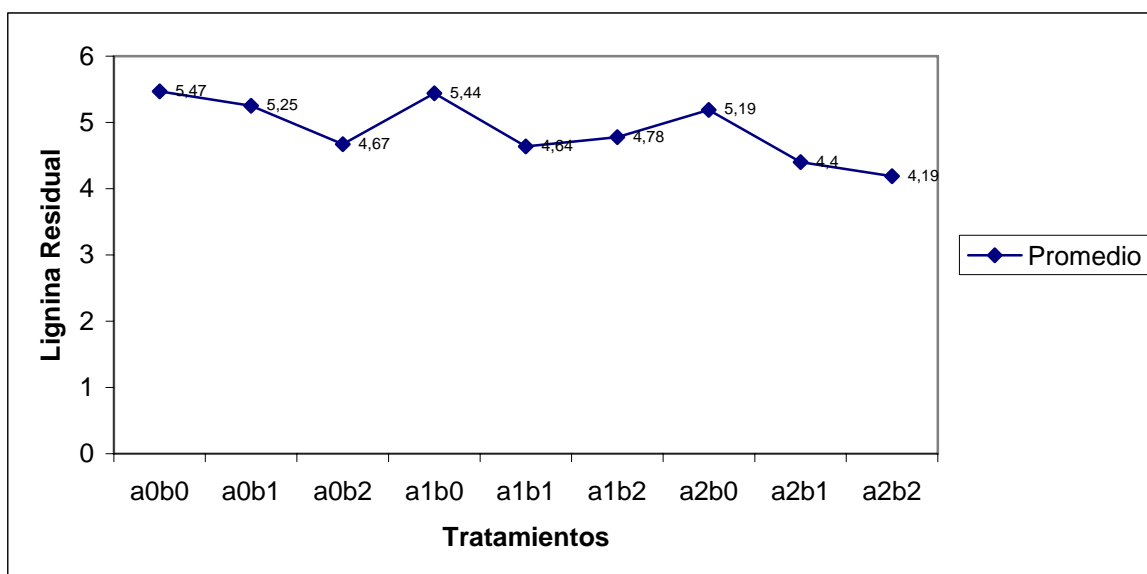


Figura 2. Lignina residual papel de fibra de banano.

El mejor tratamiento de extracción química de la fibra de banano, tanto desde el punto de vista de lignina residual, como de resistencia a la explosión, es el codificado como a1b1, que corresponde a 15% de NaOH y 100 minutos de cocción, pues, con este tratamiento se logra un valor promedio de 4,64% de lignina residual y una resistencia a la explosión de 142,02 Kpa.

Resistencia a la explosión. Los resultados de resistencia a la explosión, se muestran en la Tablas 4 y 5, fueron sometidos al análisis de varianza con objeto de verificar la hipótesis planteada.

Tabla 4. Resistencia a la explosión papel de fibra de cabuya.

Tratamientos	Resistencia a la explosión del papel de fibra de cabuya (Kpa.)		
	Repeticiones		
	R1	R2	MEDIA
a0b0	13,10	40,87	26,99
a0b1	86,37	72,03	79,20
a0b2	78,03	104,08	91,05
a1b0	32,47	32,74	32,60
a1b1	38,81	95,33	67,07
a1b2	34,19	39,29	36,74
a2b0	13,17	43,84	28,50
a2b1	64,66	53,08	58,87
a2b2	14,20	43,15	28,67

Para mayor facilidad de la lectura de los resultados de los tratamientos ensayados en la extracción química, se han representado los tratamientos contra la resistencia a la explosión. En la Figura 3, se observa la resistencia a la explosión del papel hecho con fibra de cabuya, en función de los tratamientos. Valores mayores de resistencia a la explosión se muestran en los tratamientos a0b1 y a0b2, es decir, utilizando 10% de NaOH y 100 minutos para el primer caso y 10% de NaOH y 150 minutos para el caso segundo respectivamente.

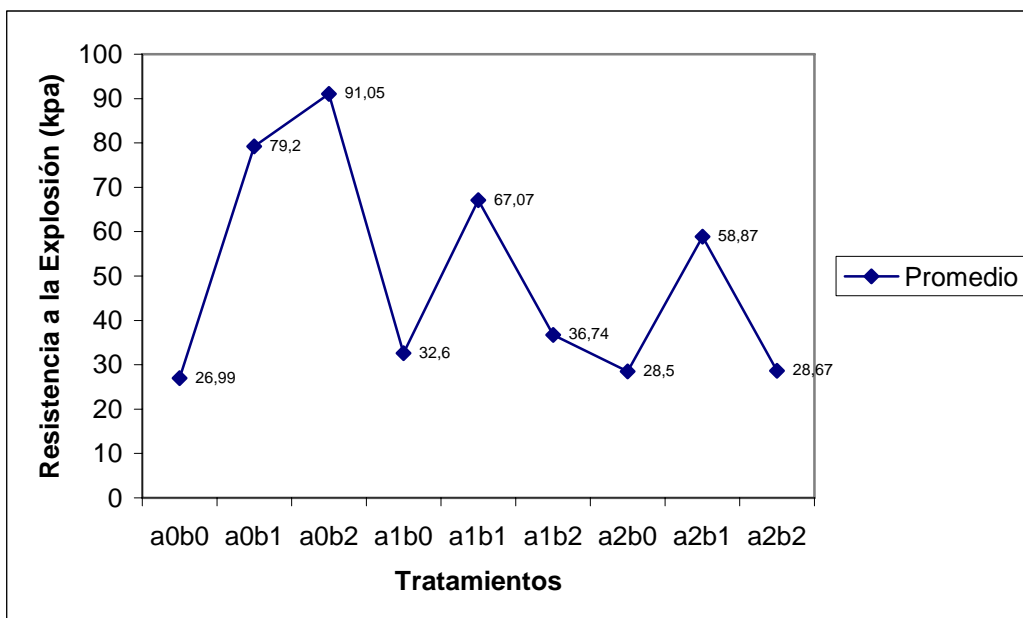


Figura 3. Resistencia a la explosión del papel de fibra de cabuya.

Tabla 5. Resistencia a la explosión del papel de fibra de banano.

Tratamientos	Resistencia a la explosión del papel de fibra de banano (Kpa).		
	Repeticiones		
	R1	R2	MEDIA
a0b0	91,95	101,88	96,91
a0b1	109,60	132,83	121,21
a0b2	181,76	153,23	167,50
a1b0	154,47	122,69	138,58
a1b1	109,67	188,38	149,02
a1b2	137,17	164,33	150,75
a2b0	134,82	165,43	150,13
a2b1	152,40	146,34	149,37
a2b2	175,42	162,33	168,88

Para mayor facilidad de la lectura de los resultados de los tratamientos ensayados en la extracción química, se han representado los tratamientos en función de la resistencia a la explosión. En la Figura 4, se observa la resistencia a la explosión del papel hecho con fibra de banano, en función de los tratamientos. Valores mayores de resistencia a la explosión se muestran en los tratamientos a0b2 y a2b2, es decir, utilizando 10% de NaOH y 150 minutos para el primer caso y 20% de NaOH y 150 minutos para el caso segundo respectivamente. Se observa además que la resistencia a la explosión tiende a elevarse conforme se incrementa los niveles de los tratamientos testados.

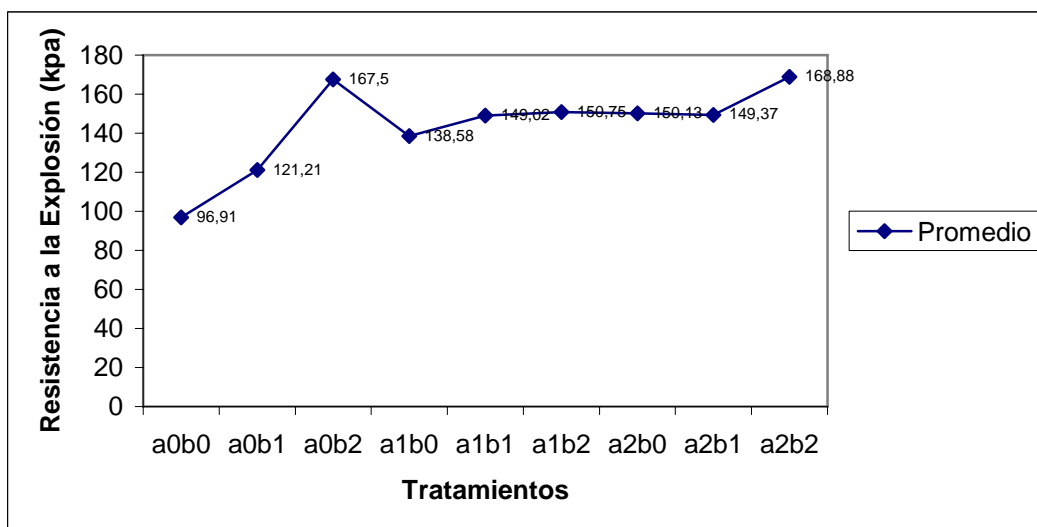


Figura 4. Resistencia a la explosión papel de fibra de banano.

El rendimiento en cuanto a la preparación de pulpa y formación de papel, para la fibra de cabuya es de 81,22%, mientras que el rendimiento en cuanto a la preparación de pulpa y formación de papel, para la fibra de banano es de 81,40%.

En la extracción química de la fibra de cabuya, se puede afirmar que los factores, cantidad de hidróxido de sodio y tiempo de cocción no influyen significativamente en la cantidad de lignina residual en el papel. Es decir, que el cambio de nivel de cualquiera de estos factores no afecta a la cantidad de lignina residual presente en el papel. Sin embargo, es preferible utilizar el tratamiento a0b0. Pues en este caso el factor A se encuentra en el nivel 0, que corresponde a una cantidad de 10% de NaOH, lo que significa un ahorro de sosa con respecto a los otros niveles 15 y 20%. Además el factor B se encuentra también en el nivel 0, con un tiempo de cocción de 50 minutos, lo que significa una disminución en el tiempo de operación con respecto a los otros niveles 100 y 150 minutos.

En la extracción química de la fibra de banano, se puede afirmar que los factores, cantidad de NaOH y tiempo de cocción, influyen significativamente, en la cantidad de lignina residual en el papel. Es decir, que el cambio de nivel de estos dos factores afecta la cantidad de lignina residual en el papel.

Agradecimientos. A la Universidad Técnica Particular de Loja, por su apoyo y financiamiento a la Investigación. A la Química Luz Elena Arce, del Departamento de Madera Celulosa y Papel, de la Universidad de Guadalajara-México por sus acertadas directrices y aportes al trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Memorias del 3^{er} Congreso Internacional y 2^o Encuentro de Artesanos. Ibarra-Ecuador 2003
- [2] FUNDACIÓN ECOLÓGICA Y DESARROLLO [online]. <URL: <http://www.ecodes.org/lifepapel/htm/info/index.htm>>
- [3] Servicio de información y censo agropecuario del ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador [online]. III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador 2002 < URL: <http://www.sica.gov.ec>>
- [4] Toale, B. “*The Art of papermaking*”. Worcester, Massachusetts: Davis publications, 1983.
- [5] Casey, J. “*Pulpa y Papel: química y tecnología química*”. México: Limusa, 1991. Volumen 2, páginas 137-198.

- [6] CELULOSA [online]. <URL:<http://www.papelnet.cl/celulosa/que-es-cel.htm>>
- [7] Casey, J. “*Pulpa y Papel: química y tecnología química*”. México: Limusa, 1990. volumen 1, páginas 30-71, 200, 603-645.
- [8] Mejía, E. “*Producción de pulpa y papel artesanal de totora*” en 3er Congreso Internacional y 2º Encuentro Nacional de Artesanos. (8: 2003: Ibarra).
- [9] Casey, J. “*Pulpa y Papel: química y tecnología química*”. México: Limusa, 1991. v.3, p. 119-284, 301-336.
- [10] George, A. “*Manual de procesos químicos en la industria*”. 5ª edición, Bogotá, McGraw-Hill, 1988. v.3, pag. 719
- [11] Kirk, R. y Othmer, D. “*Enciclopedia de tecnología química*”. México: Hispano-Americana, 1962. v.8, p. 138.
- [12] FOLIA PAPEL HECHO A MANO [online]. México 2003 <URL: <http://www.prodigyweb.net.mx/ecar/fofia.htm>>
- [13] Neuman, G. “*Manual para la elaboración de papel hecho a mano a partir de fibras naturales*”. Guayaquil: Banco Central del Ecuador, 1994. pag. 2-42
- [14] Neuman, G. “*Fibras papeleras en el arte: experiencias en el Ecuador*”. Quito, 2000. pag. 1-13.
- [15] TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Papeles y cartones. Número de Kappa en pulpa. México: TAPPI, 1993. : il (TAPPI T 236 cm-85)
- [16] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. Papeles y cartones. Determinación del pH de un extracto acuoso. Quito : INEN, 1986. : il (INEN 1418)
- [17] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. Papeles y cartones. Determinación de la humedad. Quito: INEN, 1986. : il (INEN 1397)
- [18] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. Papeles y cartones. Determinación del gramaje. Quito: INEN, 1986. : il (INEN 1398)
- [19] TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Bursting strength of paper. TAPPI 1963. : il (TAPPI T 403 ts-63)